um total de 15 grupos de 60.000 kW cada, ou seja 900.000 kW.

A central já existente (fig. 21) é subterrânea, bem como a outra que está em construção para mais seis grupos e outra ainda igual a esta cuja construção provàvelmente só será iniciada depois da regularização do S. Francisco em Três Marias. A saída das centrais faz-se por túneis de descarga que vão desaguar no canhão. O seu diâmetro é de 10 m e o comprimento de cerca de 180.

formada por células de estacas-pranchas. Para que estas estacas-pranchas pudessem ser cravadas, houve necessidade, devido à enorme corrente das águas, de recorrer à utilização dum caixão flutuável, designado por «navio», que era afundado a montante da célula a cravar. As águas ficavam então tranquilas na zona que interessava.

A construção dos pilares da margem direita apresentavam porém agora muito maiores dificuldades, pois imagine-se o ímpeto das águas

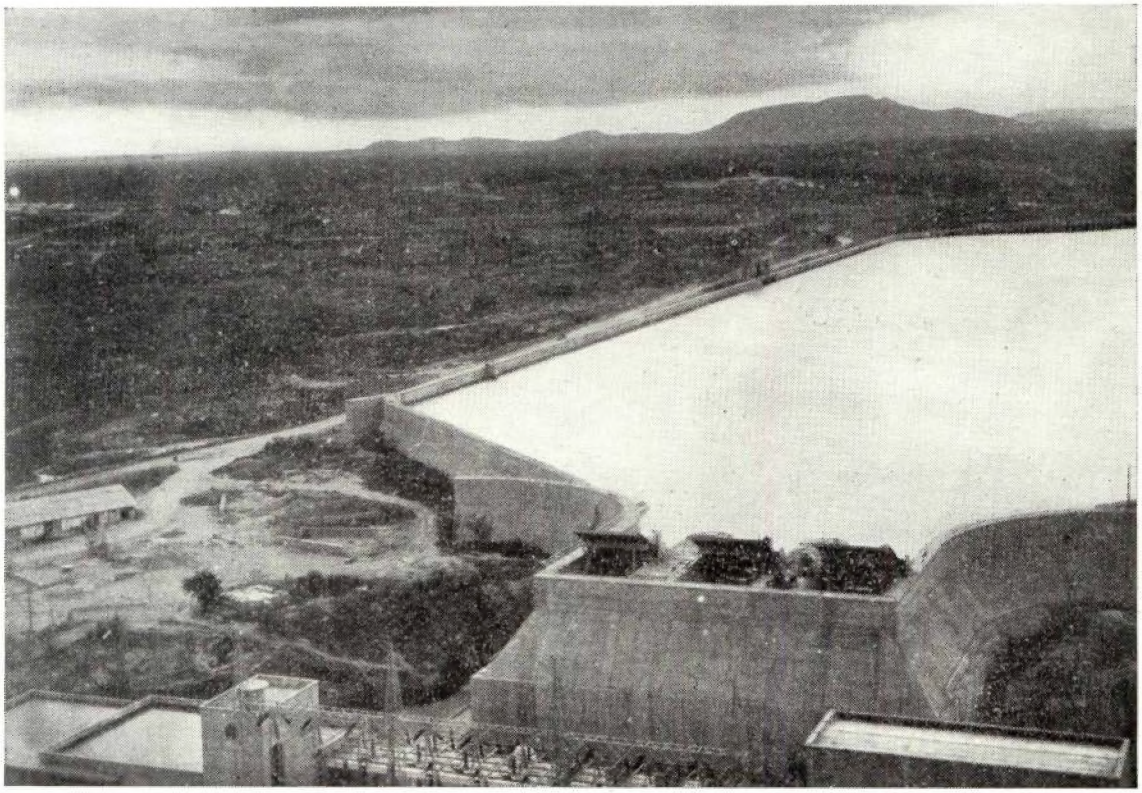


Fig. 20 — Tomadas de água da central de Paulo Afonso em funcionamento.

Na caverna da central foram efectuados ensaios visando a determinação das propriedades da rocha e a medição das tensões internas nelas existentes.

A construção da barragem móvel no braço principal apresentou enormes dificuldades que foram superadas duma maneira notável e inteiramente original. O processo seguido no fecho da abertura deixado no vale principal sofreu, ao ser apresentado, críticas acérrimas. Pode resumir-se no seguinte (fig. 22):

Primeiro fez-se a construção dos pilares da margem esquerda ao abrigo duma ensecadeira

passando apenas por metade da secção e com velocidades da ordem, ou superiores, a 7 m seg^{-1}. O processo finalmente adoptado consistiu em afundar a jusante, entre as células n.º 6 e 12, duas estruturas de aço em treliça de secção transversal trapezoidal e com pés ajustáveis para se apoiar no fundo do rio. Essas estruturas eram suportadas por cabos. Depois de colocadas foram, na sua base e a jusante, distendidas redes metálicas que passaram a reter um enrocamento que ia sendo lançado na água de modo a formar camadas sucessivas no interior da treliça. Com este enrocamento as águas subiram passando, quase completamente, pelos vãos da margem esquerda,

Fig. 21 — Central de Paulo Afonso.

pleto, podendo afirmar-se que se tratou de uma das operações mais difíceis de desvio de um grande curso de água até hoje efectuada.

Os contactos que tivemos com os engenheiros da CHESF quer no gabinete de estudos no Rio de Janeiro quer no local da obra, levam-nos a afirmar que eles constituem uma equipe de primeiro plano capaz de resolver os problemas mais difíceis da grande construção hidroeléctrica.

Para terminar as nossas considerações sobre o São Francisco queremos referir que a jusante de Paulo Afonso existe a possibilidade de construir, em *Piranhas*, uma abóbada vedando o canhão, onde também se poderão vir a instalar cerca de 1 milhão de kW e a montante de Paulo Afonso outras disponibilidades importantes estão por aproveitar na Cachoeira de Itaparica. Daí até Joazeiro ainda exíste um desnível de 90 m do rio que também constitui importante reserva.

f) *Os aproveitamentos do sistema Paraná — Uruguai* — As bacias Paraná e do Uruguai no Sul e Centro-Sul do Brasil têm sido nos últimos anos objecto de estudos bastante importantes e abrangendo possibilidades económicas extraordinárias.

Para isso foi criada a «Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai» formada por representantes dos Estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e São Paulo, presidindo à Comissão o Governador deste último Estado. A Comissão tem

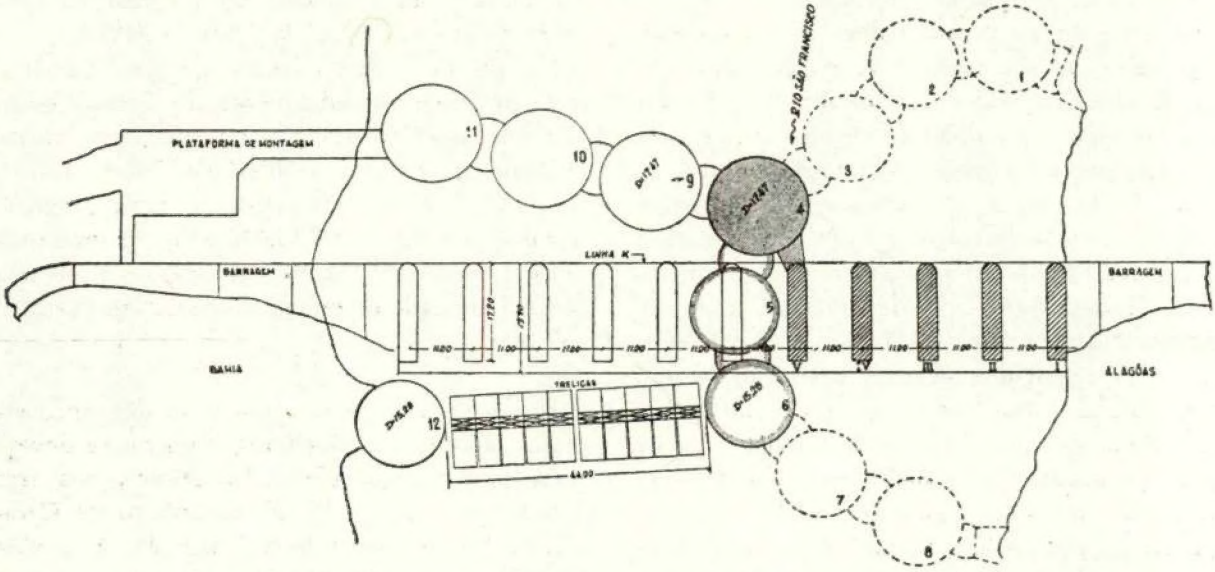


Fig. 22 — Ensecadeiras para a construção da barragem móvel no braço principal do São Francisco.

permitindo assim a construção das células de montante.

Não podemos deixar de considerar notável o facto do sucesso destas operações ter sido com-

em estudo, especialmente, os problemas hidráulicos da bacia: controle de cheias, navegação, produção de energia e aproveitamento hidroagrícola, mas também tem prestado a sua atenção ao desenvolvimento industrial e mineiro da região.

Os estudos das obras hidráulicas já previstas estão a cargo da firma «Edisonbrás», sob supervisão da «Societá Edison» de Milão mas outros estudos tem a Comissão em mente realizar. Entre as mais importantes citamos a de *Urubupungá* (Jupiá) e da *Ilha Solteira* no rio Paraná, a primeira com uma potência que, segundo as previsões, pode atingir 1400.000 kW e a segunda com cerca de 500.000 kW.

Foram também já efectuados estudos preliminares do aproveitamento hidroeléctrico do *Rio Canoas* no estado de Santa Catarina, com disponibilidades, numa das obras, da ordem dos 200.000 kW em condições particularmente económicas e do aproveitamento do *Salto do Pirapó* no Estado de Mato Grosso, este último de realização mais remota.

São enormes outras possibilidades hidroeléctricas das duas bacias; pelo que dissemos elas reunem mais de 50 % do potencial hidroeléctrico conhecido do Brasil. Não queremos deixar de fazer aqui uma referência às cataratas de *Sete Quedas*, no próprio Paraná e do *Iguassú* num afluente com este nome. Estas últimas, cuja beleza se diz superar as do Niagara, não foram ainda consideradas apesar da potência poder atingir um milhão de cavalos vapor. Sete Quedas, por estar mais próximo dos centros de consumo, já começa a preocupar os políticos, os economistas e os técnicos. Esta é considerada a maior reserva de energia do continente Americano. Todavia a sua utilização apresenta problemas enormes, que só poderão, provàvelmente, vir a ser resolvidos pela regularização do próprio Paraná e dos seus afluentes a montante. Efectivamente, por virtude de condições geológicas peculiares, o Paraná precipita-se de cerca de 80 m de altura numa brecha basáltica em quedas imponentes, passando duma largura de cerca de 3 km, imediatamente a montante, para menos de 100 m no canhão, onde vai correr apertado numa extensão de 60 km. As variações de nível, que não ultrapassam 3 metros a montante, reflectem-se a jusante em cerca de 42 m chegando a água, nas grandes enchentes, estimadas em 30.000 $m^3 seg^{-1}$, a nivelar completamente os dois trechos do rio, isto é, a mascarar completamente as grandes cataratas. Este é o fenómeno que impede completamente qualquer tentativa actual de utilização destas enormes reservas de energia.

g) *Obras do Estado de S. Paulo em afluentes do Paraná* — Possui o estado de São Paulo enormes reservas de energia não só na Serra do Mar e na parte superior do rio Paraíba mas também, e principalmente, nos afluentes do Paraná.

Assim, no *Rio Paranapanena*, estão a ser considerados oito aproveitamentos hidroeléctricos totalizando uma potência de 1.075.000 kW, com uma produção anual estimada em 5.000 milhões de kWh. Dentre estes, o de *Salto Grande* está em fase final de construção e no de *Jurumirim* iniciaram-se as obras há pouco tempo. Os outros dois mais importantes são os de *Itararé* e *Capivara*, o primeiro com uma queda de 73 m e o segundo com uma queda de 38 m.

No *Rio Tieté* estão, no seu curso médio, programadas quatro barragens: *Barra Bonita, Bariri, Ibitinga* e *Promissão*, das quais a primeira se encontra em construção; no curso inferior, estão previstas cinco outras obras, o que, no total, permitirá a utilização duma potência de 1,5 milhões de kW, com uma produção estimada de mais de 6 mil milhões de kWh.

No *Rio Pardo* um afluente do rio Grande e por consequência subafluente do Paraná estão já iniciadas cinco obras (algumas mesmo quase concluídas): *Graminha, Vila Biela, Estreito, Euclides da Cunha* e *Limoeiro*, totalizando uma potência instalada de cerca de 230.000 kW com uma produção anual de 1.180 milhões de kWh, ou seja cerca de metade da que se produziu em Portugal em 1956.

h) *Outros aproveitamentos* — Além dos aproveitamentos que mencionamos, a outros se deverá fazer uma breve referência. Assim, nos três Estados do Sul do Brasil, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul também têm sido estudados ou estão mesmo em execução alguns grandes aproveitamentos hidroeléctricos. Na região do Nordeste existem, além de Paulo Afonso, alguns aproveitamentos já importantes como os do *Rio Pardo* e outros que estão a ser encarados. Finalmente é de prever que existam

vastos recursos hidroeléctricos nos vários afluentes do Amazonas como o Tocantins, o Xingú, o Tapajos, o Madeira, etc., mas a distância aos centros de consumo torna muito remoto o seu estudo.

i) *Rio Paraíba* — Desejamos voltar agora, nesta descrição do potencial hidroeléctrico às obras previstas no rio Paraíba, «o rio mais estudado do Brasil» — o «*Ruhr*» da nação irmã.

No *Estado de São Paulo* as possibilidades previstas pelo Departamento de Águas e Energia Eléctrica (incluindo Salto-Funil já no Estado do Rio) atingem 640.000 kW, com uma produção anual média de 3 mil milhões de kWh, distribuídos pelas seguintes centrais: *Caraguatatuba, Paraibuna, Paraitinga, Santa Branca, Jaguari, Buquira* e *Salto-Funil*. A primeira constitui objecto de grande discussão, dado que as águas do alto Paraíba serão desviadas para o mar; a queda utilizada nessa obra (Caraguatatuba) seria de 638 m e a potência a instalar 400.000 kW. Quanto ao Salto-Funil trata-se de um aproveitamento de 300.000 HP com central de pé de barragem. Esperamos vir a ter a oportunidade de apresentar os estudos feitos em Portugal a propósito deste grande aproveitamento. Além do Salto-Funil, todas as outras obras são de menor importância.

No *Estado de Rio de Janeiro* prevê-se que a construção de reservatórios no alto Paraíba permitirá a ampliação do aproveitamento do *Ribeirão das Lajes* em mais 325.000 kW. Também com o desvio *Antas-Benjamim Constant* se poderá aumentar a potência destes aproveitamentos em mais 400.000 kW. Por outro lado a construção da *Central de Simplício*, entre as centrais da Ilha dos Pombos e Benjamim Constant, permitirá instalar máquinas com mais de 200.000 kW de potência. Finalmente, no aproveitamento de *Fonte Coberta*, a jusante da central de Fontes, no ribeirão das Lajes, prevê-se a instalação de mais 90.000 kW de que beneficiará o sistema do Rio de Janeiro.

5 — As obras de defesa contra secas

Uma vasta região do Nordeste do Brasil, com uma área à volta de 1 milhão de km², mais de um décimo, portanto, da área do Brasil e cerca de doze vezes a área de Portugal, é caracterizada por um regime de chuvas muito irregular, as quais, se algumas vezes são excessivas, apresentam-se normalmente mal distribuídas no tempo ou no espaço ou tornam-se mesmo quase nulas por extensos períodos. A topografia local influencia decisivamente a distribuição das chuvas. As serras ou chapadas beneficiam de precipitações abundantes enquanto na peneplanície — *o sertão* — não só a chuva é pouca e irregular como o clima é muito seco. Os períodos de seca intermitente que assolam essa região são tão graves que foi incluído na Constituição do Brasil um artigo segundo o qual o Governo deve arcar, em cada ano, com encargos, em serviços de assistência à região, cujo total seja, pelo menos, de 3 % dos impostos aí cobrados.

O chamado «Polígono das Secas», (fig. 23) estende-se de Norte para Sul pelos Estados de Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Baía e Minas Gerais, englobando assim uma região onde, pela facilidade de penetração e proximidade do litoral, se fixaram importantes núcleos da população do Brasil num total de cerca de 13 milhões de indivíduos ou seja cerca de 1/4 da população desse país, em 1955.

As intervenções do Governo Federal, na resolução dos problemas decorrentes das secas, datam já do século passado, mas pode dizer-se que só com a criação da Inspectoria de Obras Contra Secas, em 1909, se dá início ao estudo sistemático dos problemas e ao projecto e construção de obras visando atenuar os efeitos do flagelo.

Com as reformas em seguida a 1931 e a criação do «Departamento Nacional de Obra Contra Secas (DNOCS)» no Ministério de Viação e Obras Públicas foi possível efectuar um plano de conjunto de realizações, agora em vias de ampla execução. Esse plano compreende a construção de inúmeras barragens, obras de rega, uma importante rede rodoviária, construção, em cooperação com outras entidades mesmo particulares, de pequenos açudes e poços, etc., o que demonstra larga visão e espírito de cooperação nacional. É interessante referir que até 1954 foram construídas 142 barragens com uma capacidade total de 3.000 milhões de m³, além de 349 açudes, em cooperação com outras entidades, mais de 8.000 km de estradas, perfurados 3.843 poços, etc.

Entre essas inúmeras obras visitámos as seguintes:

— *Barragem do Poço da Cruz*, no estado de Pernambuco, enrocamento e terra — em construção — altura máxima 39 m (fig. 24).

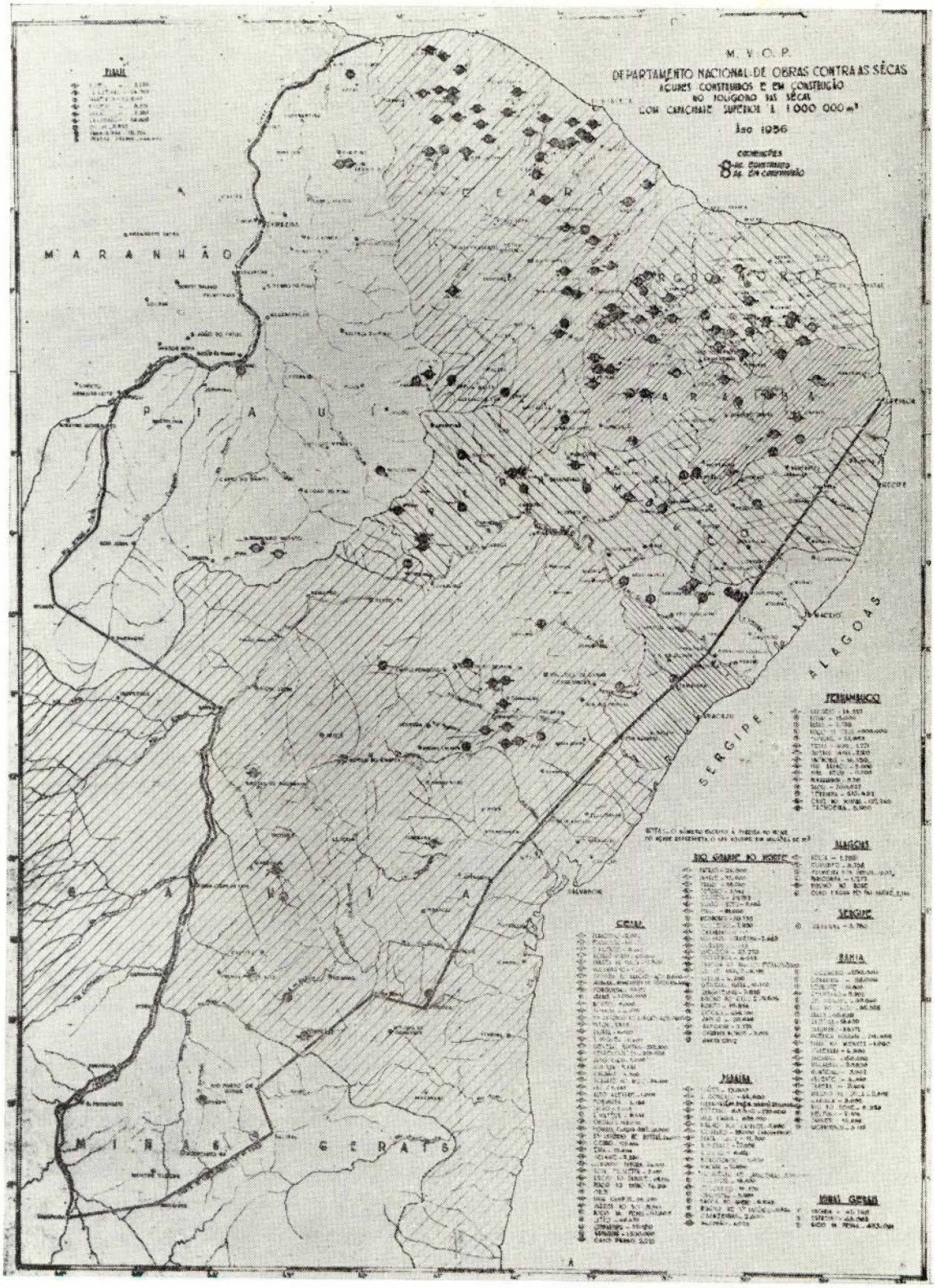
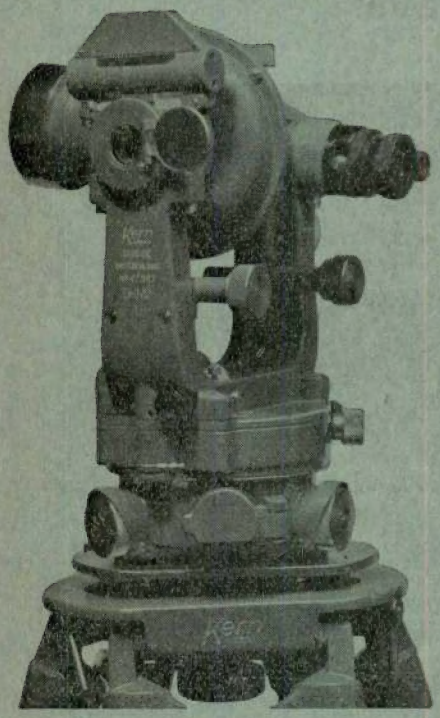


Fig. 23 — «Polígono das Secas» e localização das obras.

TEODOLITOS



CONSTRUÇÃO DR. H. WILD

DK 2
DKM 2
DKM 2-U
DKM 2-T

SÃO DE LONGE O QUE DE MELHOR SE FABRICA EM TODO O MUNDO!

Precisão inexcedível
Manejo facílimo
Construção robusta
A óptica mais luminosa

Aumento da luneta 30×, abertura da objectiva	45 mm
Focagem mínima a	1,4 m
Focagem máxima para leitura dos mm na mira	230 m
Idem para leitura dos cm	500 m
Constante de multiplicação 100, e de adição	0
Peso do equipamento com tripé extensível, sómente . . .	10,9 Kg

KERN & CIE. S. A. AARAU — Suíça

REPRESENTANTES

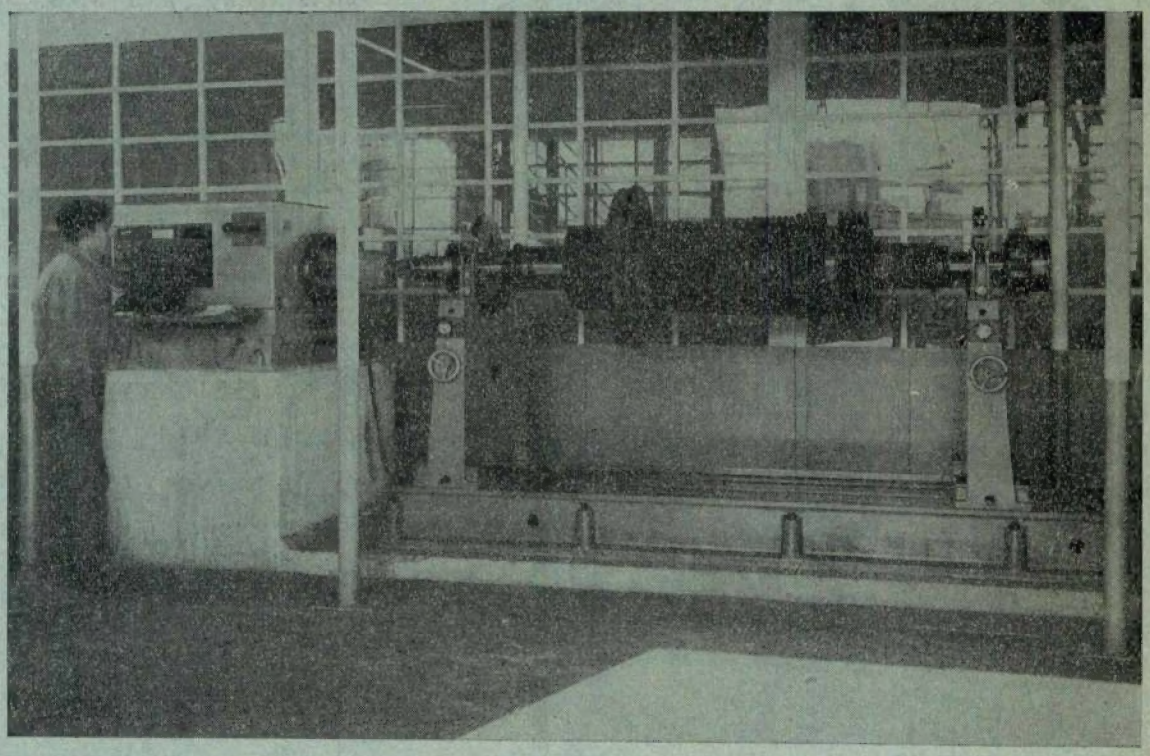
EMÍLIO DE AZEVEDO CAMPOS & CA. LDA.

RUA DE SANTO ANTÓNIO, 137-145 — PORTO — TEL. 20254/5
RUA ANTERO DE QUENTAL, 17-1.º — LISBOA — TEL. 53366

NOTA — Os teodolitos «KERN» não são aparelhos repetidores, mas sim teodolitos de círculo-duplo, oferecendo portanto maior precisão e um trabalho muito mais simples e mais rápido.

A COMPANHIA UNIÃO FABRIL

põe à disposição dos seus clientes no Estaleiro Naval:



— Uma oficina de Ensaios e Reparação Diesel

— Uma máquina electrodinâmica de equilibragem para rotores de 30 a 3000 Kgs. — 2 M. de diâmetro máximo — 3,420 m. entre apoios.

ROCHA DO CONDE DE ÓBIDOS

LISBOA

Telef. 66 21 48

Fig. 24 — Obras da barragem de Poço da Cruz.

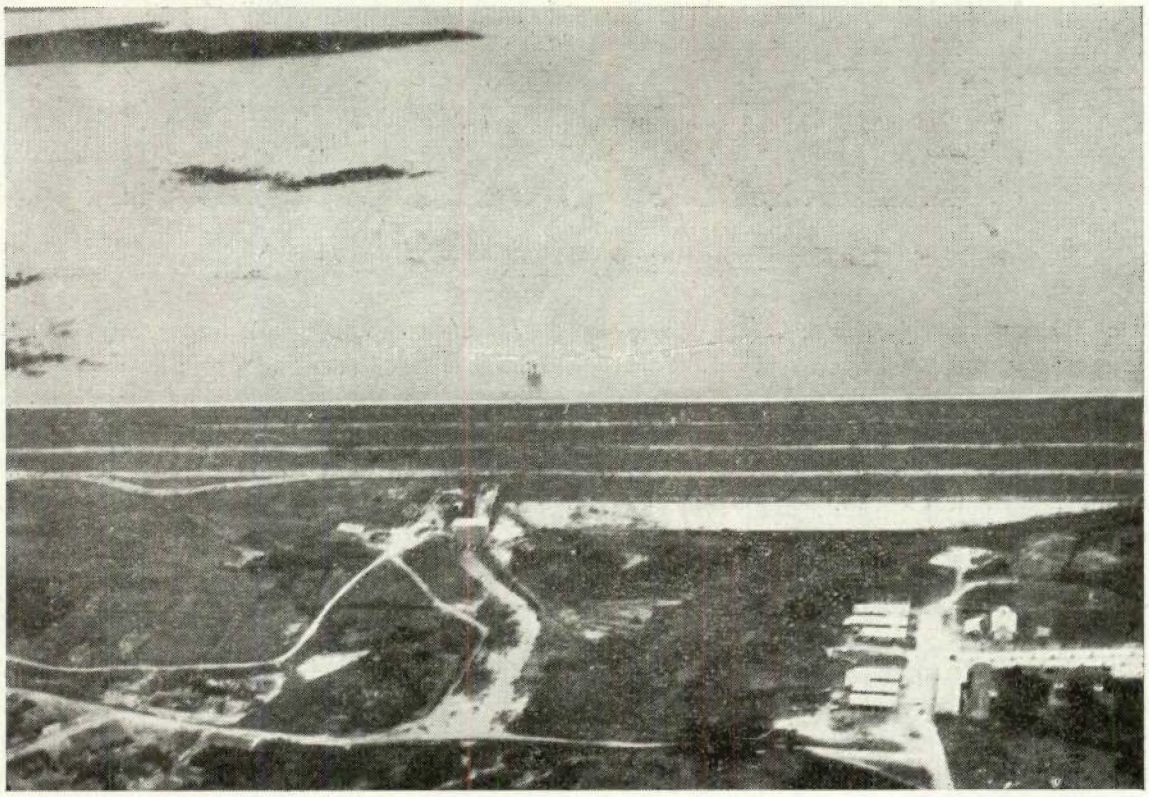


Fig. 25 — Aspecto da barragem de Curema.

— *Barragem de Curema*, no estado de Paraíba, terra com cortina de betão — construída — altura máxima 50 m (fig. 25).

— *Barragem de Mãe de Água*, no estado de Paraíba (reservatório comum com a barragem anterior), betão perfil gravidade, — construída — altura máxima 45 m.

— *Barragem de Araras*, no estado do Ceará, terra de perfil homogéneo, — em construção — altura máxima 37 m (fig. 26).

Da visita realizada colhemos a impressão de que a obra a realizar pelo DNOCS é imensa e de enorme projecção económica e social. Se por um lado se podem fazer reparos a pormenores de projecto, por outro lado, encontramos nas equipes do DNOCS, um espírito de abnegação, um amor pela sua actividade e uma ânsia de saber que as tornam merecedoras da maior admiração.

Fig. 26 — Compactando terras no fundo do vale de Araras.

6 — As obras de saneamento

Os serviços de recuperação de terras e defesas contra inundações estão, no Brasil, a cargo do «Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS)» do Ministério de Viação e Obras Públicas. Com a célebre obra de saneamento da *Baixada Fluminense*, começada em 1934, que permitiu recuperar 17.000 km² de zona pantanosa plana existente junto ao Rio de Janeiro, iniciou este Departamento uma notável actividade, que, de dia para dia, toma maior incremento (fig. 27), graças à actividade duma notável equipe de técnicos.

As barragens de defesa contra cheias ou destinadas ao saneamento são normalmente aproveitadas, em complemento, ou para a produção de energia, a qual fica a cargo de entidades particulares ou para abastecimento de águas a povoações.

Entre os trabalhos mais importantes do DNOS evidenciam-se, além do da «Baixada», o *saneamento dos vales húmidos do Nordeste*, na faixa litoral da zona das secas, o *aterro dos alagados do Recife*, a defesa contra as inundações do *Rio Paraíbuna*, a defesa da cidade de *Porto Alegre* contra inundações e o aproveitamento hidroeléctrico dos rios *Jacui* e *Santa Cruz — Santa Maria*. Além desses foram realizados, ou estão em realização, outros trabalhos de saneamento e defesa em muitas cidades brasileiras. Citaremos entre outros a construção, em futuro muito próximo, da *barragem de Pedra*, no rio de Contas, Estado da Baía, uma obra de 65 m de altura com perto de 400 m de desenvolvimento no coroamento.

Visitamos em Belo Horizonte a *barragem de*

Santa Lúcia uma pequena obra de terra já construída, destinada a evitar os danos materiais e pessoais causados por inundações de um pequeno ribeiro e a *barragem de Pampulha*, agora em construção também com o mesmo fim. Esta obra, destinada a substituir uma outra que ruiu em Maio de 1954, cria um lago que protege o aeroporto de Belo Horizonte e serve uma zona de elevado interesse turístico onde existem construídas, como dissemos, algumas das obras-primas da arquitectura brasileira.

Fig. 27 — Zonas de trabalho do Departamento Nacional de Obras de Saneamento.

7 — Colaboração técnica entre Portugal e o Brasil

Da nossa viagem resultou a convicção plena da vantagem, diremos até, da necessidade dum intenso convívio técnico e científico entre Portugal e o Brasil. Tal como o afirmou o Sr. Director do Laboratório Nacional de Engenharia Civil há pouco tempo, nós também julgamos que o único entrave importante parece ser a distância que separa os dois países.

A unidade de língua, a mesma sensibilidade, a semelhança de atitudes perante a Sociedade e os indivíduos das mais variadas raças, a mesma capacidade para dominar condições naturais hostis e graus de desenvolvimento económico, social e cultural análogos, fazem de Portugal e do Brasil duas pátrias irmãs em todo o sentido deste termo. O calor e a verdadeira amizade com que são recebidos os técnicos Portugueses que se têm deslocado ao Brasil não se podem deixar de considerar como manifestações dessa realidade.

Em tais condições parece hoje totalmente desejável que se generalise, em elevado grau, a colaboração técnica luso-brasileira, pois é certo que alguma ajuda podemos prestar ao Brasil e que este país nos pode dar largo auxílio técnico, em tantos ramos, especialmente em muitos de que depende o desenvimento dos nossos territórios africanos.

No ensino começa a verificar-se a utilização

recíproca dos livros de texto e dos livros especialisados. Não me parece necessário encarecer a vantagem que existe na unificação de tais textos e na utilização dos já existentes em cada país. Devo dizer, como nota, que uma das ofertas que senti causar mais contentamento foi a de algumas «folhas» de uma das cadeiras do Instituto Superior Técnico. Mas além da simples troca dos livros de texto ou dos livros de estudo e teses, muito mais se poderá fazer: troca de alunos bolseiros, especialmente para a realização de teses e de doutoramentos, estágios escolares e post-escolares, cursos livres de duração de um ou dois anos por professores e investigadores do outro país, etc. Não desejamos alargar-nos mais, pois esta é uma matéria que os professores e os conselhos escolares das nossas Universidades poderão desenvolver muito melhor do que nós.

Em países que, como Portugal e o Brasil, se encontram numa fase primária do seu desenvolvimento industrial a criação e manutenção, em boas condições, de laboratórios de investigação científica e técnica é primordial. Neste capítulo o Brasil está a seguir o princípio de encomendar a laboratórios estrangeiros de reconhecido nível a montagem dos seus. É muito grato para nós registar que o Laboratório Nacional de Engenharia Civil tem em curso estudos para a montagem de laboratórios de estruturas no Brasil e tem havido contactos para o estudo e montagem de laboratórios de outras especialidades como a hidráulica. Estamos em crer que, no domínio da experimentação, o Brasil, nos pode, em contrapartida, dar uma grande ajuda nos vários ramos das indústrias base que já tem desenvolvidas. E tal ajuda é, decerto, desinteressada.

A elaboração de projectos e empreitadas quer de obras quer de instalações também pode ser objecto de troca recíproca. Tal como no ramo dos aproveitamentos hidroeléctricos se começam a antever grandes possibilidades duma cooperação técnica, noutros ramos de engenharia se oferecem largas prespectivas. Desde já desejamos acentuar que não é a imigração de técnicos de um para o outro país que pode ser interessante e útil para ambos; é antes a utilização de equipes de trabalhos dum país, já treinadas e que possam empreender, com rendimento, estudos novos no outro país, em suma, é a divisão de tarefas entre técnicos dos dois países, que me parece a forma de colaboração desejável.

Motores asíncronos trifásicos de gaiola e anéis

Potência até 4000 KW

Execução normal e especial para diferentes industrias incluindo minas de carvão, forjas, etc.

„Elektrim"

Sociedade Polaca de Comércio Externo para o Equipamento Electrotécnico

15/17, Rua Czackiego
VARSÓVIA — POLÓNIA

Telegramas:
ELEKTRIM WARSZAWA

Não admira que o ferro fundido "G.E." (grafite esferoidal) seja hoje tão empregado em construções mecânicas, no fabrico de peças submetidas a grandes esforços ou pressões, trabalhando nas mais severas condições de serviço. O ferro fundido "G.E." tem características mecânicas muito superiores ao ferro fundido normal e além disso *é ductil*. Possui o ferro fundido "G.E.", por outro lado, a boa resistência à corrosão do ferro fundido normal. Se aliada a estas qualidades acrescentamos a de poder ser facilmente soldado e trabalhado à máquina, compreenderemos por que razões o ferro fundido "G.E." é escolhido e preferido pelos engenheiros de muitas indústrias—construções mecânicas ou navais—de material para caminhos de ferro ou para transportes rodoviários — minas — etc. As suas inúmeras aplicações explicam o desenvolvimento extraordinário do seu fabrico, nos países técnica e industrialmente mais avançados.

O ferro fundido "G.E." (ferro com grafite esferoidal) é fabricado sob licença e ao abrigo de patentes registadas em nome de The Mond Nickel Company Ltd.

Em Portugal está licenciada para a produção de ferro fundido "G.E." a firma:

Alfredo Alves & Cª (Filhos), Venda Nova e Lisboa.

MOND NICKEL

THE MOND NICKEL COMPANY LIMITED THAMES HOUSE MILLBANK LONDON SW1

C. D. U. 621.396.615.17

TÉCNICA DE IMPULSOS

CIRCUITOS FUNDAMENTAIS

PELO ENG.º ELECT. (I. S. T.) FERNANDO EDUARDO REBELO SIMÕES

Bolseiro do I. A. C.
Centro de Estudos de Electrónica
Comissão de Estudos de Energia Nuclear

Dada a importância que atingiu nos últimos anos a técnica de impulsos, nomeadamente pelas suas aplicações nas telecomunicações, servomecanismos e energia nuclear, entendeu o Centro de Estudos de Electrónica da CEEN promover a publicação duma série de artigos consagrados a esta técnica.

Iniciamos esta série com o estudo dalguns circuitos fundamentais, dos quais se fará uma descrição do seu comportamento fenomenológico, e à qual se seguirá um tratamento analítico aproximado, concluindo-se com a apresentação de oscilogramas de alguns ensaios realizados com os referidos circuitos.

Não queremos deixar de testemunhar o nosso agradecimento ao Prof. Eng. Abreu Faro, pela ideia desta publicação, e pelo estímulo e valiosa ajuda que sempre nele encontrámos.

INTRODUÇÃO

No presente artigo descrevem-se alguns circuitos que desempenham um papel fundamental na técnica de impulsos. Tais circuitos são por isso básicos, e o seu estudo constitui de certo modo uma norma de ataque a outros tipos de circuitos utilizados nesta técnica.

Estudaremos alguns circuitos do tipo «multivibrador», e ainda um oscilador de relaxação denominado «oscilador de bloqueio».

Os primeiros são constituídos por dois tubos, em geral tríodos, acoplados entre si por resistência e capacidade, ou simplesmente resistência, e possuem essencialmente dois estados de funcionamento, em cada um dos quais um dos tubos conduz e o outro está cortado.

Estes circuitos distinguem-se entre si pela estabilidade daqueles estados.

— Assim, no primeiro tipo que estudaremos, os dois estados são estáveis. O circuito estará indiferentemente num ou noutro, podendo uma causa exterior provocar a inversão dos estados. Essa causa exterior consiste em geral na aplicação dum impulso em determinado ponto do circuito.

Este tipo de circuito é designado habitualmente por multivibrador bistável, binário, ou ainda mais correntemente pelo termo «flip-flop».

— O segundo circuito possui apenas um estado estável. É nesse estado que o circuito se encontra normalmente, quando se lhe não aplicam sinais exteriores. Tal como no circuito anterior, a aplicação dum sinal pode provocar uma inversão, mas agora o sistema não permanecerá no novo estado indefinidamente. Ao fim dum certo intervalo (período de relaxação) acabará por voltar ao estado primitivo.

Este tipo de circuito designa-se habitualmente por univibrador e multivibrador monostável.

— O terceiro tipo estudado não possui qualquer estado estável, constituindo portanto um oscilador. O circuito não necessita de agentes exteriores para passar dum estado a outro. Evolui naturalmente, dentro de cada um dos estados, criando por si condições para cair no outro, ao fim dum certo intervalo de tempo. O seu período resulta assim a soma de dois períodos de relaxação acrescidos dos pequenos intervalos de transição.

Este circuito é denominado usualmente multivibrador estável, ou simplesmente multivibrador.

— O oscilador de bloqueio é constituído por um tubo, em geral um tríodo, um transformador com núcleo ferromagnético e um circuito resistência-capacidade. Este sistema possui um ou nenhum estado estável, ou o que é o mesmo,

pode funcionar desencadeado externamente ou como oscilador.

* * *

Todos estes circuitos encontram aplicação pelas suas diferentes características de funcionamento.

Assim:

— Os circuitos com dois estados estáveis aplicam-se, por exemplo, nos sistemas de computação, e duma maneira geral, em todos os sistemas em que a sua propriedade de possuirem dois estados estáveis distintos e comutáveis possa ter utilização.

— Os circuitos com um estado estável, como o univibrador e o oscilador de bloqueio monostável, têm interesse quando se pretende fazer corresponder a um sinal, de qualquer forma e grandeza, um sinal bem definido. Outra aplicação é a obtenção de impulsos com um atraso determinado (pelo período de relaxação) em relação a um impulso desencadeador.

— Os circuitos sem estados estáveis, como o multivibrador e o oscilador de bloqueio, têm utilidade pela forma dos seus impulsos.

Assim, o multivibrador interessa quando se pretendam sinais rectangulares de certa amplitude e de subida não muito rápida.

O oscilador de bloqueio preferir-se-á para sinais curtos muito intensos, com frequências de repetição superiores às do multivibrador.

Tanto um como outro se utilizam também, quando sincronizados, como divisores de frequência, isto é, 'como geradores de frequência submúltipla da dum dado sinal.

* * *

No estudo que vamos fazer, julgámos aconselhável proceder da seguinte forma:

— Em primeiro lugar, em face do esquema da unidade, procuraremos determinar os vários estados possíveis de funcionamento, quer sejam todos compatíveis com um dado conjunto de parâmetros, quer se refiram a condições diferentes.

— Em seguida veremos por quais desses estados o circuito passa, para um conjunto de parâmetros que esteja de acordo com o funcionamento habitual da unidade.

Desta maneira ficará o circuito estudado qualitativamente.

— Seguir-se-á a descrição analítica dos estados considerados, descrição essa em que faremos as seguintes aproximações e hipóteses simplificativas:

1 — Não consideraremos em geral as capacidades interelectródicas e distribuídas.

2 — Admitiremos que as características dos tubos são rectilíneas na vizinhança dos pontos de funcionamento considerados.

3 — Suporemos a relação entre a corrente e a tensão de grelha dada por

$$\begin{cases} i_g = e_g / r_g & e_g > 0 \text{ (valores ligeiramente positivos)} \\ i_g = 0 & e_g < 0 \end{cases}$$

desde que a tensão de placa e_b se mantenha aproximadamente constante.

Esta terceira condição é decerto a que se afasta mais da realidade, mormente pela descontinuidade admitida para o ponto $e_g = 0$.

Quanto às restantes, a não consideração das capacidades acarreta um erro desprezável para as frequências de repetição pouco elevadas. Por outro lado, desde que os valores dos parâmetros dos tubos (r_p e g_m) que aparecem no cálculo sejam interpretados como valores médios tomados no domínio em que intervêm, o erro que daí advém também é bastante pequeno.

As simplificações acima referidas são necessárias para permitirem uma análise fácil, e que doutra maneira seria extremamente longa, se não impraticável.

* * *

— O estudo feito será documentado com oscilogramas, que ilustrarão melhor que desenhos o comportamento dos vários circuitos.

Todos os ensaios a que os oscilogramas se referem foram realizados no laboratório do Centro de Electrónica, utilizando unidades ali construídas.

NOTAÇÃO

e_g — tensão de grelha em relação à massa
e_b — tensão de placa em relação à massa
e_k — tensão de cátodo em relação à massa
e_{gk} — tensão de grelha em relação ao cátodo
e_{bk} — tensão de placa em relação ao cátodo
E_a, E_c — tensão de polarização de grelha
E_{bb} — tensão de alimentação de placa
E_{co} — tensão de corte.
$\dot{E}_b$, $\dot{E}_g$ — amplitudes complexas de grandezas sinusoidais de argumento ωt.

i_b — corrente anódica
i_g — corrente de grelha
R_L — resistência de carga na placa
R_k — resistência no cátodo
r_p — resistência de placa definida por

$$r_p = \left(\frac{\partial e_{bk}}{\partial i_b}\right)_{E_{gk}}$$

g_m — transcondutância, definida por

$$g_m = \left(\frac{\partial i_b}{\partial e_{gk}}\right)_{E_{bk}}$$

μ — factor de amplificação, definido por

$$\mu = g_m\, r_p = -\left(\frac{\partial e_{bk}}{\partial e_{gk}}\right)_{I_b}$$

$\simeq$ — símbolo de «aproximadamente igual»
ϵ — base dos logaritmos neperianos.

Os valores instantâneos das correntes e tensões são designados por uma letra minúscula. Os valores contínuos das mesmas correntes e tensões são designados pela maiúscula correspondente.

Os índices numéricos indicam o tubo ao qual as grandezas dizem respeito.

1. MULTIVIBRADOR BISTÁVEL

1.1 — MULTIVIBRADOR BISTÁVEL COM ACOPLAMENTO PELA PLACA

1.1.1 — Generalidades

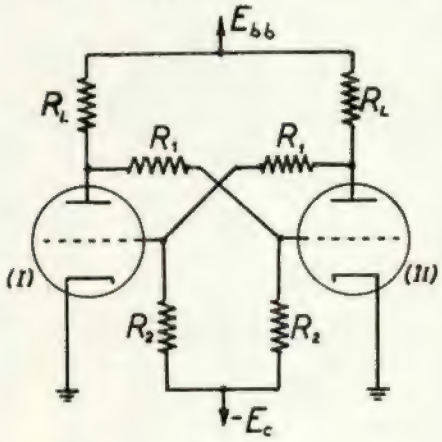


Fig. 1-1

Consideremos o circuito da Fig. 1-1 e procuremos os seus possíveis estados de funcionamento.

Em virtude de no circuito apenas figurarem resistências, todos os estados são estacionários, quer sejam estáveis ou não.

Evidentemente que estamos a considerar apenas o caso de as capacidades distribuídas e interelectródicas poderem ser desprezadas. Faremos adiante algumas observações sobre este ponto.

Estados de corte-condução

Dada a simetria do circuito, os estados «(I) cortado, (II) a conduzir» e «(I) a conduzir, (II) cortado» são absolutamente idênticos; apenas os tubos têm os papéis trocados.

Estes estados são necessàriamente estáveis, dado que estando um tubo fora do circuito, bloqueará quaisquer variações ocasionais das tensões no restante circuito.

A possibilidade de existência destes estados depende dos parâmetros do circuito, tais como E_{bb}, E_c, R_1/R_2, etc.

Estado de duplo corte

Este estado, estável, não apresenta evidente interesse.

Estado de dupla condução

Este estado pode ser estável ou instável. Se nenhum dos tubos conduzir corrente de grelha, o estado será em geral instável, pois cada tubo amplificará qualquer variação da sua tensão de grelha, e o sinal assim amplificado (e invertido) vai ser transmitido à grelha do outro tubo com uma atenuação que nos casos normais não anulará o efeito da amplificação recebida. Este processo de amplificação e atenuação é novamente posto em jogo e assim a variação inicial regressa amplificada ao ponto de origem, iniciando um processo regenerativo que só cessará quando um dos tubos ficar cortado.

Se nos dois tubos circular corrente de grelha, o estado é estável. A atenuação introduzida pela resistência de grelha (muito menor que R_1) é de tal ordem que anulará por completo o efeito da amplificação.

Finalmente, se apenas um dos tubos conduzir corrente de grelha, a estabilidade é duvidosa. Se o tubo cortado for chamado a conduzir, haverá instabilidade. Se partirmos porém dum estado já de dupla condução, o sistema poderá

apresentar estabilidade num dado sentido de perturbações. É o primeiro caso, porém, que intervém nos processos de transição.

* * *

O circuito encontra-se habitualmente num dos estados estáveis de corte-condução anteriormente descritos.

Querendo fazer sair o sistema deste estado, bastará obrigar o tubo cortado (por exemplo, o I) a conduzir. É o que se faz com a aplicação dum impulso positivo na grelha de I (ou placa de II), ou dum impulso negativo na grelha de II (ou placa de I). A tensão e_{g1} terá de subir pelo menos até ao corte, directamente ou mediante amplificação do sinal negativo.

O sistema entra assim num estado de dupla condução, e perde a sua estabilidade. Tendo as tensões de grelha começado a variar em sentidos opostos, a cada passo as variações vão sendo regeneradas, resultando após certo período (da ordem dos décimos de μs, ou da do μs) a completa inversão dos estados: isto é, o tubo cortado passa a conduzir, e o que conduzia é cortado.

Claro que esta acção pode ser facilitada e tornada mais rápida pela aplicação dum sinal negativo que leve a grelha de tubo condutor a um valor abaixo do corte. Nestas condições, desde que o sinal aplicado seja de estabelecimento instantâneo, os tubos nunca chegarão a conduzir simultâneamente: a variação brusca duma das tensões de grelha — ou seja, o sinal aplicado — é transmitida com amplificação ao outro tubo, e a inversão dá-se do mesmo modo. Igualmente a grelha do tubo cortado pode ser levada abruptamente à tensão zero, abreviando assim o período de transição.

A existência deste período de transição resulta das capacidades do circuito, nomeadamente as capacidades de entrada dos tubos. Estas capacidades não permitem que a transmissão dos sinais entre cada placa e a grelha seguinte seja instantânea, pois aumentam a inércia das grelhas a quaisquer variações bruscas, o mesmo se podendo dizer das capacidades de placa.

* * *

Podemos resumir enfim o funcionamento do circuito da seguinte maneira:

1 — O circuito encontra-se num estado permanente, com um dos tubos cortado e o outro a conduzir.

2 — Uma causa exterior (um impulso) leva o circuito para uma zona de instabilidade.

3 — O circuito evolui nesse estado ràpidamente, acabando por inverter as situações dos tubos.

4 — O circuito volta a estar num estado permanente, idêntico ao inicial, mas em que os tubos têm os papéis invertidos.

5 — O circuito pode voltar a cair numa zona de instabilidade, mediante nova actuação exterior, e assim sucessivamente.

1.1.2 — Descrição analítica

Estados de corte-condução

Como são idênticos, vejamos p. e. o correspondente ao caso «I cortado, II a conduzir».

O ponto de funcionamento obtém-se a partir das características de placa.

Assim, começaremos por determinar E_{g2}.

$$\begin{cases} e_{g2} = E_{g2} = a\ E_{bb} - (1-a)\ E_c \\ e_{b1} = E_{bb} \end{cases} \qquad (1\text{-}1)$$

sendo

$$a = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

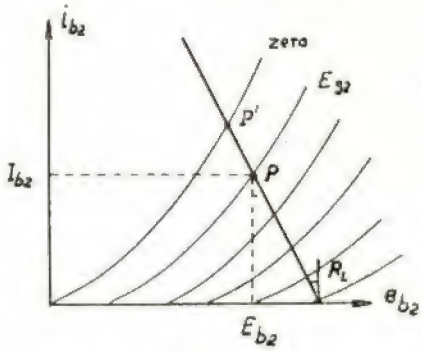


Fig. 1-2

Sendo $E_{g2} < 0$, o ponto de funcionamento será o ponto P indicado na Fig. 1-2.

As restantes tensões obter-se-ão fàcilmente:

$$\begin{aligned} e_{b2} &= E_{bb} - R_L\, I_{b2} = E_{b2} \\ e_{g1} &= a\ E_{b2} - (1-a)\ E_c = E_{g1} \end{aligned} \qquad (1\text{-}2)$$

Para que este estado seja possível, terá de ser, evidentemente,

$$E_{g1} < E_{co}$$

$$E_{g2} > E_{co} \qquad (1\text{-}3)$$

em que E_{co} é a tensão de corte correspondente a $e_b = E_{bb}$.

Se a expressão (1-1) for maior que zero, isso significa que aparecerá corrente de grelha no tubo II.

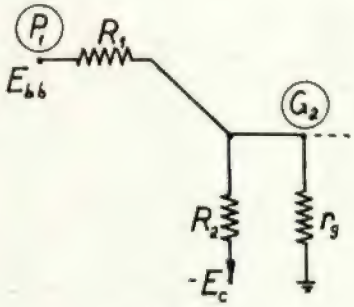


Fig. 1-3

A Fig. 1-3 mostra-nos então que a tensão e_{g2} será

$$e_{g2} = \frac{a\,E_{bb} - (1-a)\,E_c}{r_g + \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}\, r_g \simeq 0 \qquad (1\text{-}4)$$

por se ter $r_g \ll R_1, R_2$.

O ponto de funcionamento será então aproximadamente o ponto P' da Fig. 1-2.

Estados de dupla condução

Consideremos o circuito como se representa na Fig. 1-4.

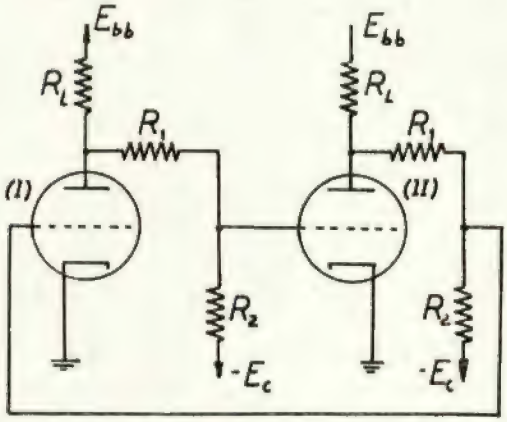


Fig. 1-4

Durante este estado o sistema funciona como um conjunto de dois amplificadores acoplados mùtuamente.

Não considerando quaisquer capacidades, é evidente que o circuito será estável se o ganho em circuito fechado $K\beta$ for menor que 1, e instável no caso contrário.

O ganho K é dado por $\dfrac{\dot{E}_{b2}}{\dot{E}_{g1}}$ e será, neste caso, real.

O factor de realimentação β valerá, por outro lado $r_1/(R_1 + r_2)$, em que r_2 é a resistência resultante do paralelo de R_2 com a resistência de entrada do tubo, e a qual pode tomar portanto os valores $\simeq r_g$ (quando circula corrente de grelha) e R_2 (no caso contrário).

Na realidade, a não consideração das capacidades, nomeadamente as de grelha e de placa, constitui um tratamento incorrecto, visto que a sua existência provoca a diminuição, tanto do ganho K, como do factor β, à medida que a frequência aumenta. Teremos de recorrer a um critério de estabilidade que entre em linha de conta com aquelas capacidades.

Usaremos assim o critério de Nyquist.

De acordo com este critério, o sistema será estável, se a curva lugar geométrico dos afixos do ganho em circuito fechado $K\beta$ não contiver no seu interior o ponto $(1, j\,0)$, e instável no caso contrário (1).

Para calcularmos $K\beta$, consideremos os esquemas equivalentes do circuito (Fig. 1-5).

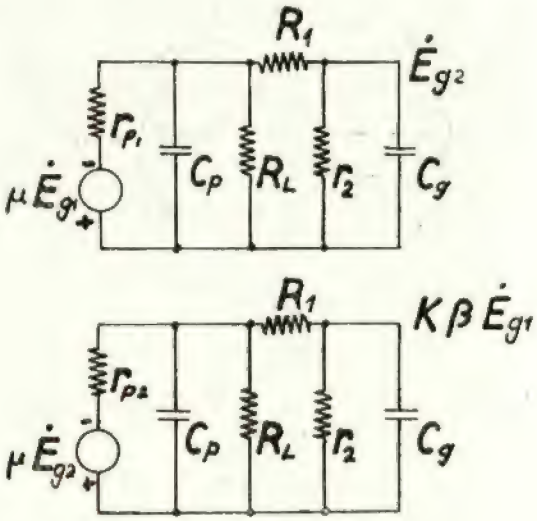


Fig. 1-5

(1) Isto, desde que não existam polos de $K\beta$ (p) com parte real positiva.

Para o lugar geométrico citado, faz-se variar p de $-j\infty$ a $+j\infty$.

O critério de Nyquist é aplicável a sistemas lineares. Podemos, dentro das hipóteses feitas neste estudo, aplicá-lo pois sem grande erro.

Nestes circuitos equivalentes, válidos para variações de pequena amplitude, C_g e C_p são as capacidades respectivamente de entrada (grelha) e saída (placa) dos tubos.

Resolvendo os circuitos da Fig. 1-5, sob o ponto de vista das tensões complexas, obtém-se a expressão

$$K\beta = A \cdot \frac{1}{1 + j\omega r'_{p1} C_p} \cdot \frac{1}{1 + j\omega r'_{p2} C_p} \cdot \frac{1}{1 + j\omega r'_1 C_g} \cdot \frac{1}{1 + j\omega r'_2 C_g} \qquad (1\text{-}5)$$

em que

$$A = K\beta\ (\omega = 0) = \frac{\mu^2 R_L^2\, r_1\, r_2}{(r_{p1} + R_L)(r_{p2} + R_L)(R_1 + r_1)(R_1 + r_2)}$$

$$r'_{p1} = \frac{r_{p1} R_L}{r_{p1} + R_L} \qquad r'_{p2} = \frac{r_{p2} R_L}{r_{p2} + R_L} \qquad (1\text{-}6)$$

$$r'_1 = \frac{r_1 R_1}{r_1 + R_1} \qquad r'_2 = \frac{r_2 R_1}{r_2 + R_1}$$

O lugar geométrico de $K\beta$, dado por (1-5) é uma curva fechada como a que se representa na Fig. 1-6.

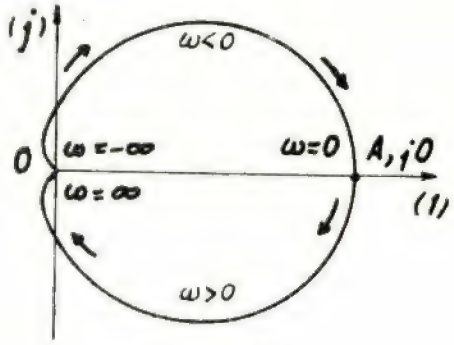


Fig. 1-6

Nestas condições, o critério de estabilidade resume-se ao esquema

$$A < 1 \rightarrow \text{o circuito é estável}$$
$$A \geqslant 1 \rightarrow \text{o circuito é instável} \qquad (1\text{-}7)$$

Três casos se põem agora:

1) não há correntes de grelha

$$r_1 \rightarrow R_2$$
$$r_2 \rightarrow R_2 \qquad (1\text{-}8)$$
$$A \rightarrow \frac{(\mu\, a\, R_L)^2}{(r_{p1} + R_L)\,(r_{p2} + R_L)}$$

Esta expressão é normalmente bastante maior que 1, pelo que o estado resulta instável.

2) um dos tubos conduz corrente de grelha

Dos dois factores $\frac{r_1}{r_1 + R_1}$ e $\frac{r_2}{r_2 + R_1}$, um valerá a e o outro aproximadamente $\frac{r_g}{R_1}$.

Virá assim:

$$A \rightarrow \frac{\mu\, a\, R_L}{(r_{p1} + R_L)} \cdot \frac{\mu\, r_g\, R_L}{R_1\,(r_{p2} + R_L)} \qquad (1\text{-}9)$$

Este factor dependerá essencialmente de r_g, uma vez que pode ser da ordem de grandeza da unidade. Ainda que ele seja um pouco inferior, para r_g igual ao valor correspondente ao estado corte-condução com corrente de grelha, devemos notar que o menor abaixamento de tensão da grelha inicialmente positiva conduz ao imediato aumento de r_g, assim elevando a expressão (1-9).

Podemos portanto concluir que, para os valores habituais de a, este caso ainda é de instabilidade, pelo menos no que respeita a variações tendentes a baixar a tensão de grelha mais elevada.

3) os dois tubos conduzem corrente de grelha.

Neste caso, fácil se torna concluir que A tomará o valor

$$A \rightarrow \frac{\mu\, r_g\, R_L}{R_1\,(r_{p1} + R_L)} \cdot \frac{\mu\, r_g\, R_L}{R_1\,(r_{p2} + R_L)} \qquad (1\text{-}10)$$

A presença do duplo factor $\frac{r_g}{R_1}$ assegura um valor de A francamente abaixo da unidade. O sistema será estável no sentido da estabilidade à Liapounoff, visto que um abaixamento de qualquer das tensões e_g, pequeno embora, poderá levar a grelha abaixo do zero, fazendo crescer A acima do valor crítico *1*.

Transição entre os estados corte-condução

A descrição analítica dos processos de transição é relativamente complexa e, por isso mesmo,

encontra-se tratada geralmente por métodos aproximados. A análise mostra que a variação das tensões de grelha (ou pelo menos da tensão da grelha à qual se não aplicou sinal) se faz duma forma crescente (tipo exponencial de expoente positivo), e tanto mais rápida quanto maior for a transcondutância e menores as capacidades dos tubos.

A forma e duração do sinal desencadeador desempenham igualmente um papel fundamental no fenómeno da transição.

O atraso introduzido pelas capacidades dificulta a acção do agente exterior, mormente se este for de curta duração, pois neste caso, se a inversão se não completar durante o período em que o sinal actua, pode dar-se uma regressão ao estado primitivo.

Desencadeamento

Normalmente consideram-se dois tipos de desencadeamento. No desencadeamento assimétrico, aplica-se o sinal desencadeador a um dos tubos apenas, provocando uma inversão de estados. Um novo sinal que se aplique (a menos que seja de polaridade contrária) não conseguirá fazer voltar o circuito ao estado inicial.

No desencadeamento simétrico, aplica-se o sinal a ambos os tubos simultâneamente, provocando a inversão de estados, seja qual for o estado inicial. Temos assim que uma sucessão de sinais de dada polaridade provocará sucessivas inversões, de modo que ao fim de cada dois sinais o sistema volta ao estado inicial.

Por isso se denominam estes circuitos «escalas de 2»: pode-se fazer corresponder a cada dois sinais de entrada um sinal único na saída.

* * *

No desencadeamento assimétrico, o sinal pode ser positivo ou negativo, aplicado à grelha ou à placa, directamente ou através de condensadores ou de tubos.

Se o sinal é aplicado na grelha do tubo cortado, deverá ser positivo e ter intensidade suficiente para ultrapassar a tensão de corte, o mesmo se dizendo, se é aplicado na placa do tubo condutor, pois neste caso haverá ainda que contar com a atenuação *a*.

Se o sinal é aplicado na grelha do tubo que conduz, deve ser negativo, mas não necessita ser tão intenso como no caso anterior, pois vai ser amplificado e aplicado com a polaridade trocada à grelha do outro tubo. Basta portanto que seja igual ao do caso anterior dividido pelo ganho do tubo condutor. O mesmo se diz se o sinal for aplicado à placa do tubo cortado, devendo descontar-se a atenuação *a*. Normalmente estes sinais são aplicados através dum condensador, a fim de desconjugar o circuito da fonte dos sinais. Duas consequências advêm: o condensador demora o período de transição, por aumentar a capacidade de entrada do tubo cuja grelha é actuada; e os sinais positivos são diferenciados, podendo originar uma reversão no fim de cada impulso. Nestas condições o sinal desencadeador deverá ter um flanco final o menos abrupto possível, a fim de evitar o aparecimento de impulsos negativos resultantes duma diferenciação.

Na prática estas porções negativas indesejáveis são eliminadas por meio de díodos, graças à sua natureza unidireccional.

Também o uso de tríodos permite o aproveitamento de sinais desencadeadores de pequena amplitude.

* * *

Todos os processos anteriores são aplicáveis no desencadeamento simétrico, desde que a montagem apresente absoluta simetria.

Em qualquer destes sistemas o sinal aplicado só actuará um dos tubos. Encontrará sempre os dois tubos em estados opostos, um dos quais porém será sensível ao sinal.

1.1.3 — Ensaios. Oscilogramas

Circuito utilizado

$R_L = 20\ k\Omega$
$R_1 = 240\ k\Omega$
$R_2 = 220\ k\Omega$
$C_1 = 25\ pF$ e $50\ pF$
$E_{bb} =$ variável
$-E_c =$ variável

O circuito da Fig. 1-7 foi utilizado com diferentes modos de desencadeamento.

A Fot. 1-1 mostra um oscilograma obtido com o circuito desencadeado, através de duplo díodo, nas placas.

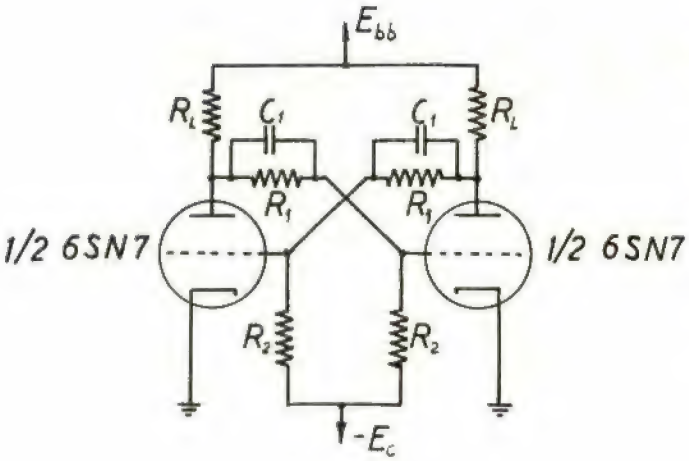
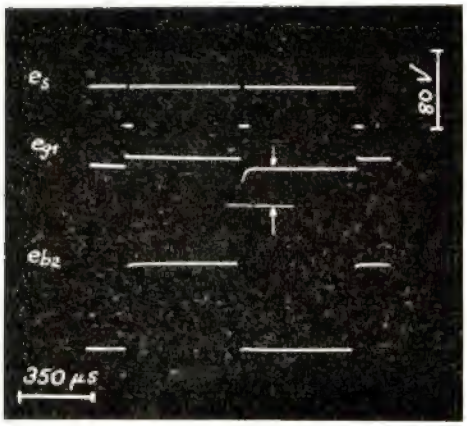


Fig. 1-7

Tensões: $E_{bb} = 160$ V
$-E_c = -60$ V



Fot. 1-1

Observações

No circuito que utilizámos nos ensaios foram colocados, em paralelo com as resistências R_1, dois condensadores C_1 destinados a compensar de certo modo a deficiência, já apontada, introduzida pelas capacidades de entrada dos tubos. Podemos determinar a influência destes condensadores, da maneira seguinte:

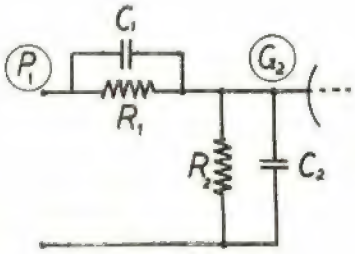


Fig. 1-8

Consideremos a Fig. 1-8, que representa o acoplamento entre a placa do tubo I e a grelha do tubo II. A capacidade de entrada do tubo II é representada por C_2.

Suponhamos aplicada instantâneamente uma tensão contínua E em P_1, estando C_2 inicialmente descarregado.

A saída em G_2 será, conforme os casos: (1)

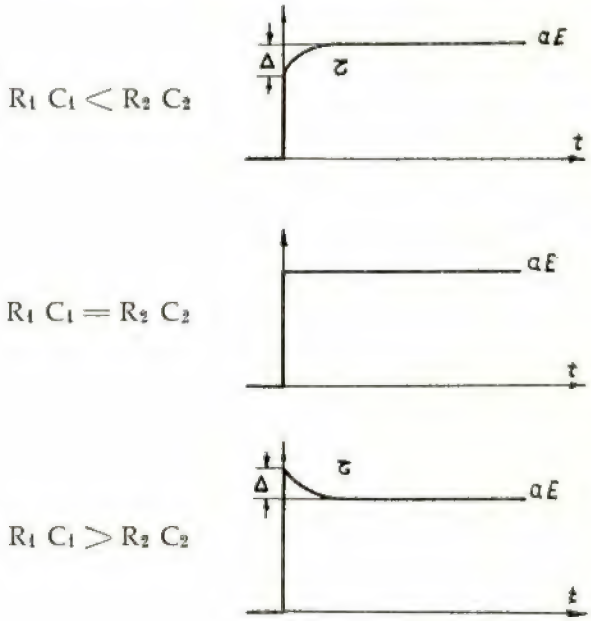


Fig. 1-9

No 1.º caso, a tensão final aE é obtida por subida exponencial.

No 2.º caso, aE é obtida instantâneamente.

No 3.º caso, aparece inicialmente um valor superior a aE, que tende para este valor exponencialmente.

Podemos concluir que no 1.º caso não chega a haver compensação, e a variação E em P_1 vai transmitir-se a G_2 com um certo atraso.

No 2.º caso a compensação é perfeita, e o valor E transmite-se instantâneamente a G_2.

No 3.º caso há sobrecompensação, isto é, a

(1) O exemplo que estamos considerando corresponde a um caso limite, em que a resistência interna do gerador da tensão E é nula. Para sermos mais rigorosos devemos substituir a descontinuidade de e_{g2} $(t = 0)$ por uma subida exponencial muito rápida.

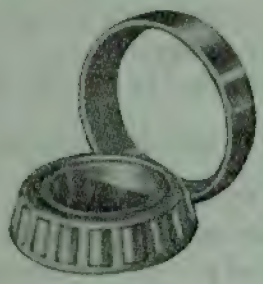
ROLAMENTOS DE ESFERAS E ROLOS
PARA TODAS AS APLICAÇÕES

RIV

1906 RIV 1956

AO SERVIÇO DA TÉCNICA MUNDIAL

A organização **RIV** através das suas três fábricas, dos seus 11.000 engenheiros, técnicos e operários especializados utilizando a mais moderna e eficiente maquinaria, oferece a mais segura garantia da alta qualidade dos seus produtos, e coloca ao dispor de todos os técnicos por intermédio dos seus representantes exclusivos em Portugal, a sua inegável experiência em todos os campos da actividade industrial.

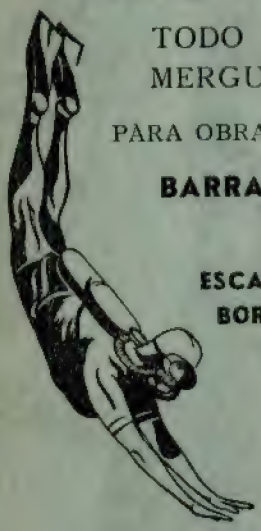


REPRESENTANTES

AUTO-LUSITANIA

AVENIDA DA LIBERDADE, 73-79 • TELEF. 31331-5 • LISBOA

"COUSTEAU-GAGNAN"



TODO O MATERIAL DE MERGULHO AUTÓNOMO

PARA OBRAS DE:

BARRAGENS, PONTES PORTOS, ETC. ...

ESCAFANDROS, FATOS DE BORRACHA, LANTERNAS, BATÍMETROS, ETC.

PEÇA O N/ CATÁLOGO

Um Exclusivo da

•

RUA DO CARMO, 21
LISBOA

Tel. 22797 — 24643

Spril SPORTS

BIGORNAS
E CAVALETES
EM AÇO DE ALTA RESISTENCIA
TRATADO
•
A MELHOR QUALIDADE
EM TODOS OS MODELOS
•
SÓ PARA REVENDA
•
ALFREDO ALVES & C.ª (FILHOS)
R. ACADEMIA DAS CIENCIAS, 5 • LISBOA
TELEFONES 31710 • 31718 • 31719
CAIXA POSTAL 402

Exportação de fábricas e instalações industriais

Varsóvia — Polónia
Caixa Postal 112
Telegramas: CEKOP — VARSÓVIA

EXPORTA

Unidades metalúrgicas completas
Instalações para enriquecimento e aglutinação (aglomeração) de minérios
Altos fornos
Instalações de fábricas de aço e laminagem

Os limites dos nossos fornecimentos podem incluir o material e a execução das seguintes tarefas:

— estudos económicos e técnicos
— sondagens hidrológicas e geológicas
— elaboração da documentação técnica completa, necessária à construção dos edifícios, montagem e funcionamento
— fornecimentos incluindo a montagem da maquinaria e arranque da laboração
— instrução do pessoal destinado à exploração.

transmissão faz-se com ganho inicial, o que corresponde ao aparecimento de uma sobretensão. Esta sobretensão vale $\Delta = \frac{(m-1)\ (1-a)}{1+(m-1)\ a} \cdot aE$,

expressão crescente com m,

em que $m = \frac{R_1 C_1}{R_2 C_2}$ (1-11)

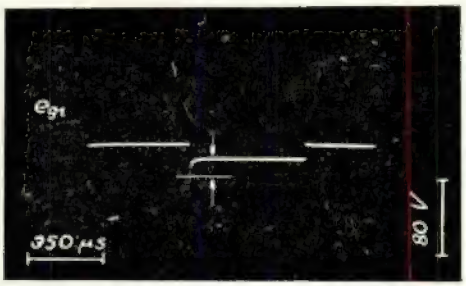
A constante de tempo τ valerá

$$\tau = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \cdot (C_1 + C_2) \cdot$$

Notemos que, devido ao efeito Miller, a capacidade C_2 tem um valor bastante superior quando o tubo conduz. Isto significa que se C_1 for escolhido de molde a compensar C_2 durante a condução, o circuito estará sobrecompensado quando o tubo está cortado.

O efeito que acabamos de descrever é visível no oscilograma da tensão de grelha da Fot. 1-1.

A Fot. 1-2 mostra a diminuição da sobretensão, devida à substituição do condensador C_1,



Fot. 1-2

de 50 pF por um de 25 pF, num ensaio nas mesmas condições do anterior.

1.2 — MULTIVIBRADOR BISTÁVEL COM ACOPLAMENTO PELO CÁTODO

(CIRCUITO DE SCHMITT)

1.2.1 — Generalidades

Consideremos o circuito da Fig. 1-10. Comparando-o com o circuito estudado anteriormente, vemos que tem com ele os seguintes pontos comuns:

1 — existe um acoplamento recíproco por resistências, que permite por um lado a existência de estados estacionários, e por outro lado constitui a via para um processo regenerativo de transição.

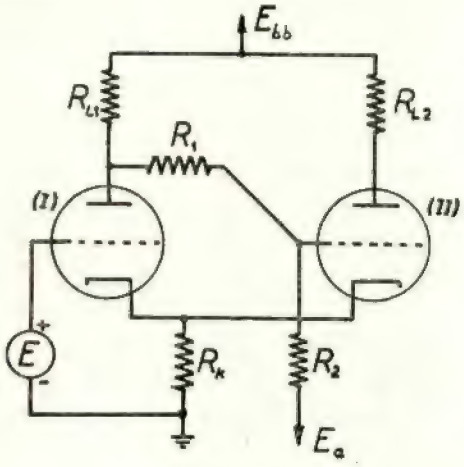


Fig. 1-10

2 — existe uma polarização que possibilita a existência dos estados de corte-condução do sistema.

De diferente temos essencialmente, além do modo como os dois pontos anteriores são realizados, o processo de desencadeamento, provocado aqui pela variação contínua da f.e.m. variável E, e não por variações impulsivas.

* * *

Vejamos agora os possíveis estados de funcionamento.

Continuando a não considerar as capacidades dos tubos, todos os estados do circuito serão estacionários.

Estados de corte-condução

A — { tubo I cortado
tubo II a conduzir

Este estado só é possível para valores de E abaixo de determinado valor E_1. O estado é evidentemente estável, em virtude de o tubo I se encontrar fora do circuito, o que impede, como já dissemos, a propagação de qualquer perturbação ocasional.

B — { tubo I a conduzir
tubo II cortado

Este estado só é possível para valores de E acima de determinado valor E_2. Pelos mesmos motivos que o anterior, este estado será estável.

Estado de dupla condução

Este estado só é possível para valores de E compreendidos entre determinados valores (precisamente E_1 e E_2). A sua estabilidade depende dos parâmetros do circuito.

Assim, se os parâmetros a, R_{L1}, R_{L2}, R_k forem tais que o ganho em circuito fechado $K\beta$ (1) do sistema seja menor que a unidade, o estado será estável. A cada valor de E corresponde então um determinado estado de condução dos tubos.

Se, pelo contrário, o ganho $K\beta$ resultar igual ou maior que 1, há regeneração, isto é, qualquer pequena perturbação é seguida dum processo cumulativo que leva o sistema para um dos dois estados estáveis de corte-condução.

* * *

Vejamos agora a evolução do circuito através dos estados referidos.

Suponhamos o sistema no estado A, o que implica $E < E_1$, e consideremos o caso não regenerativo $K\beta < 1$. Nestas condições quando E atinge E_1, o tubo I começa a conduzir, mas este facto não acarretará o corte imediato de II. Assim, cair-se-á num estado de dupla condução, estado esse, por hipótese, estável.

Como veremos adiante, durante este estado e_{gk2} decresce quando E aumenta, pelo que o tubo II acabará por ser cortado, precisamente quando E atingir o valor E_2; o sistema entrará assim no estado B.

Consideremos agora o caso regenerativo $K\beta > 1$.

Nesta hipótese, quando E atinge E_1 e o tubo I começa a conduzir, o estado resultante de dupla condução é instável, e dá-se um processo regenerativo que ocasionará a inversão dos estados.

Suponhamo-nos porém no ponto limite de dupla condução, E_1, e imaginemos uma descida virtual de E, durante a qual o sistema vai passando pelos seus estados de equilíbrio instável.

Como também mais adiante veremos, e_{gk2} irá descendo e e_{gk1} subindo. Chegar-se-á finalmente a um valor E_2, para o qual o tubo II é cortado.

Vemos assim que em qualquer dos casos, os estados de dupla condução são possíveis apenas entre os valores críticos E_1 e E_2, quer se tenha $E_1 < E_2$ ou $E_1 > E_2$.

Esta 2.ª hipótese, que é a que estamos considerando, constitui um caso de histerese, como resulta de se terem 2 possíveis estados estáveis para qualquer valor de E compreendido entre E_1 e E_2.

Na evolução real do sistema, ao ser atingida a tensão de corte por e_{gk1}, o tubo I começa a a conduzir e o tubo II é ràpidamente cortado.

A tensão e_{gk2} ficará pois a um valor inferior à tensão de corte, e por isso, se quisermos agora voltar ao primitivo estado A, teremos de fazer descer E a um valor inferior a E_1, isto é, a E_2, de modo a que e_{gk2} suba até ao corte e assim permita a condução do tubo II.

A histerese pode portanto ser caracterizada pela diferença $E_1 - E_2$.

Finalmente, o caso $K\beta = 1$, por ser um caso limite, pode-se aproximar a partir de qualquer dos anteriores.

Conclui-se assim que $E_1 = E_2$. O processo de transição é ainda cumulativo. Há descontinuidade das várias tensões em relação a E, mas não há histerese.

* * *

Podemos resumir então o funcionamento deste sistema, do seguinte modo:

Se o ganho $K\beta$ for menor que 1, o circuito só possui estados estáveis. À medida que a tensão E aumenta, passa-se do estado em que I está cortado, para um estado com os 2 tubos a conduzirem.

Continuando E a aumentar, o sistema mantém-se num estado de dupla condução, constituindo um amplificador estável, e acaba por ficar de novo com um tubo cortado, agora o II.

Se o ganho $K\beta > 1$, existe um estado estável, e o circuito seguirá os seguintes passos:

1 — inicialmente encontra-se num dos dois estados estáveis de corte-condução.

(1) Ver adiante. Este ganho $K\beta$ corresponde à não consideração de capacidades, ou o que é o mesmo, é válido em baixas frequências.

2 — uma variação conveniente do nível E criará condições de instabilidade.

3 — o circuito evolui para o seu outro estado estável.

4 — nova variação de E, em geral a um nível diferente do anterior, cria novas condições de instabilidade.

5 — o circuito evolui para o seu estado estável primitivo, através dum caminho em geral diferente do correspondente à alínea 3, evidenciando histerese.

1.2.2 — Descrição analítica

Estados de corte-condução

A — { tubo I cortado
tubo II a conduzir

O ponto de funcionamento P obtém-se gràficamente a partir das características da placa do tubo II (v. fig. 1-11).

E_a é fixado de modo a que o ponto de funcionamento caia dentro da zona (0, E_{co}).

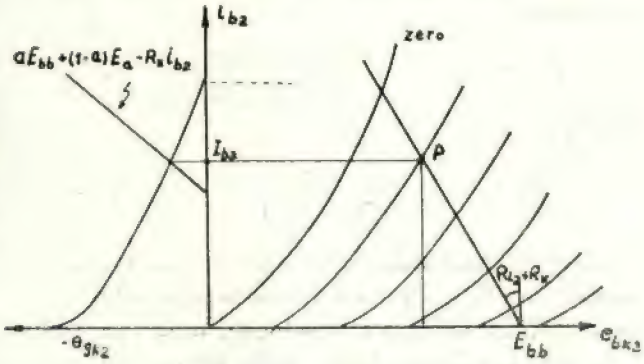


Fig. 1-11

Tendo em atenção as Figs. 1-10 e 1-11, obtêm-se fàcilmente as várias tensões:

$$
\begin{aligned}
e_{g1} &= E & e_{g2} &= a\,E_{bb} + (1-a)\,E_a \\
e_{gk1} &= E - R_k\,I_{b2} & e_{gk2} &= a\,E_{bb} + (1-a)E_a - R_k\,I_{b2} \\
E_k &= R_k\,I_{b2} & e_{b1} &= E_{bb} \\
e_{b2} &= E_{bb} - R_{L2}\,I_{b2} & e_{bk2} &= E_{bb} - (R_{L2} + R_k)\,I_{b2}
\end{aligned}
\qquad (1\text{-}12)
$$

Este estado só é possível, se se tiver $E_{gk1} < E_{co1}$, em que E_{co1} corresponde à tensão de placa $E_{bb} - R_k\,I_{b2}$, ou seja, desde que

$$E < E_1, \text{ com } E_1 = R_k\,I_{b2} + E_{co1} \qquad (1\text{-}13)$$

B — { tubo I a conduzir
tubo II cortado

Quando o tubo I conduz uma corrente i_{b1}, tem-se, se for $R_1 + R_2 >> R_{L1}$.

$$
\begin{aligned}
e_{g1} &= E \\
e_{gk1} &= E - R_k\,i_{b1} \\
e_{b1} &= E_{bb} - R_{L1}\,i_{b1} \\
e_{bk1} &= E_{bb} - (R_{L1} + R_k)\,i_{b1} \\
e_k &= R_k\,i_{b1} \\
e_{g2} &= a\,(E_{bb} - R_{L1}\,i_{b1}) + (1-a)\,E_a \\
e_{gk2} &= a\,(E_{bb} - R_{L1}\,i_{b1}) + (1-a)\,E_a - R_k\,i_{b1} \\
e_{b2} &= E_{bb} \\
e_{bk2} &= E_{bb} - R_k\,i_{b1}
\end{aligned}
\qquad (1\text{-}14)
$$

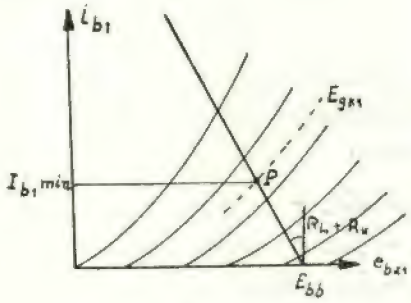


Fig. 1-12

Este estado só é possível, desde que se tenha $e_{gk2} < E_{co2}$ (em que E_{co2} corresponde à tensão de placa $E_{bb} - R_k\,I_{b1}$) ou seja para $I_{b1} > I_{b1\,min}$, sendo

$$I_{b1\,min} = \frac{a\,E_{bb} + (1-a)\,E_{co2}}{a\,R_{L1} + R_k} \qquad (1\text{-}15)$$

Este valor pode-se obter por aproximações sucessivas, visto E_{co2} ser função de I_{b1}.

Ao valor $I_{b1\,min}$ corresponde um valor mínimo E_2, que se obtém gràficamente.

A partir de $I_{b1\,min}$ determina-se E_{gk1}, e a partir deste, E_2:

$$E_2 = E_{gk1} + R_k\,I_{b1\,min} \qquad (1\text{-}16)$$

Este estado, portanto, será possível só para

$$E > E_2$$

Estados de dupla condução

O sistema, funcionando como um par de amplificadores acoplados mùtuamente, pode ser representado como se indica na Fig. 1-13.

Vejamos em primeiro lugar a resposta do circuito a uma variação ΔE.

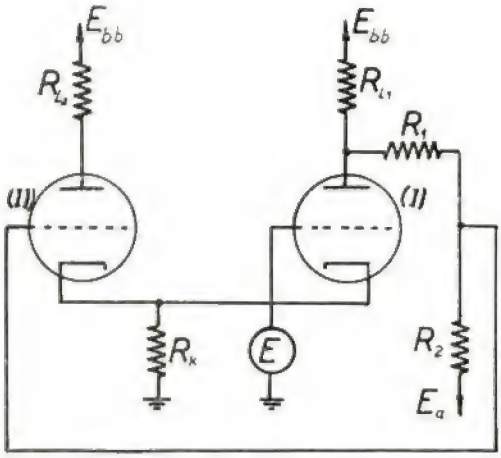


Fig. 1-13

Se suposermos $R_1 + R_2 >> R_{L1}$, R_k, podemos escrever as seguintes equações variacionais aproximadas:

$$\begin{cases} \mu \Delta e_{gk1} = (R_{L1} + r_{p1} + R_k) \Delta i_{b1} + R_k \Delta i_{b2} \\ \mu \Delta e_{gk2} = (R_{L2} + r_{p2} + R_k) \Delta i_{b2} + R_k \Delta i_{b1} \\ \Delta e_{gk1} = \Delta E - R_k (\Delta i_{b1} + \Delta i_{b2}) \\ \Delta e_{gk2} = - a R_{L1} \Delta i_{b1} - R_k (\Delta i_{b1} + \Delta i_{b2}) \end{cases} \quad (1\text{-}17)$$

Resolvendo este sistema (variável independente ΔE) e atendendo às relações

$$\begin{cases} \Delta e_{b1} = - R_{L1} \Delta i_{b1} \\ \Delta e_{b2} = - R_{L2} \Delta i_{b2} \\ \Delta e_k = R_k (\Delta i_{b1} + \Delta i_b) \\ \Delta e_{g2} = - a R_{L1} \Delta i_{b2} \end{cases} \quad (1\text{-}18)$$

obtém-se as seguintes expressões:

$$\Delta i_{b1} = \frac{\mu (r_2 + r_k)}{D} \Delta E$$

$$\Delta i_{b2} = \frac{- \mu (\mu a R_{L1} + r_k)}{D} \Delta E$$

$$\Delta e_k = \frac{- \mu R_k (\mu a R_{L1} - r_2)}{D} \Delta E$$

$$\Delta e_{gk1} = \frac{r_1 (r_2 + r_k) + R_k (r_2 - \mu a R_{L1})}{D} \Delta E$$

$$\Delta e_{b1} = \frac{- \mu R_{L1} (r_2 + r_k)}{D} \Delta E \quad (1\text{-}19)$$

$$\Delta e_{b2} = \frac{\mu R_{L2} (\mu a R_{L1} + r_k)}{D} \Delta E$$

$$\Delta e_{g2} = \frac{- \mu a R_{L1} (r_2 + r_k)}{D} \Delta E$$

$$\Delta e_{gk} = \frac{- \mu (a r_2 R_{L1} + a R_k R_{L1} + r_2 R_k)}{D} \Delta E$$

em que

$$\begin{cases} r_1 = R_{L1} + r_{p1} \\ r_2 = R_{L2} + r_{p2} \\ r_k = (\mu + 1) R_k \\ D = r_1 r_2 + r_1 r_k + r_2 r_k - \mu a r_k R_{L1} \end{cases} \quad (1\text{-}20)$$

Vejamos agora quanto vale o ganho em circuito fechado $K\beta$ (1).

Da Fig. 1-13 resulta $K = \frac{\dot{E}_{b1}}{\dot{E}_{g2}}$, $\beta = a$ (por hipótese não há corrente de grelha).

Como a tensão E se supõe agora constante, ter-se-á, para uma variação pequena de e_{g2} ($\dot{E}_{g2}$):

$$\begin{cases} \mu \dot{E}_{gk1} = (r_1 + R_k) \dot{I}_{b1} + R_k \dot{I}_{b2} \\ \mu \dot{E}_{gk2} = (r_2 + R_k) \dot{I}_{b2} + R_k \dot{I}_{b1} \\ \dot{E}_{gk1} = - R_k (\dot{I}_{b1} + \dot{I}_{b2}) \\ \dot{E}_{gk2} = - R_k (\dot{I}_{b1} + \dot{I}_{b2}) + \dot{E}_{g2} \\ \dot{E}_{b1} = - R_{L1} \dot{I}_{b1} \end{cases} \quad (1\text{-}21)$$

Eliminando $\dot{E}_{gk1}$, $\dot{E}_{gk2}$, $\dot{I}_{b1}$ e $\dot{I}_{b2}$, obtém-se fàcilmente

$$K = \frac{\dot{E}_{b1}}{\dot{E}_{g2}} = \frac{\mu r_k R_{L1}}{r_1 r_2 + r_1 r_k + r_2 r_k},$$

pelo que

$$K\beta = \frac{\mu a r_k R_{L1}}{r_1 r_2 + r_1 r_k + r_2 r_k} \quad (1\text{-}22)$$

Vemos que os parâmetros do circuito, nomeadamente R_{L1}, R_{L2}, R_k e a condicionam a natureza deste estado de dupla condução, uma vez que $K\beta$, por seu intermédio, pode tomar valores iguais, menores ou maiores que a unidade.

Assim, supondo cada um dos parâmetros variando independentemente, teremos:

1) a variável.

Obtém-se imediatamente, a partir de (1-22), a expressão

$$K\beta = \frac{a}{a_c} \quad (1\text{-}23)$$

em que

$$a_c = \frac{r_1 r_2 + r_1 r_k + r_2 r_k}{\mu r_k R_{L1}} \quad (1\text{-}24)$$

(1) Do mesmo modo que no multivibrador bistável já estudado, o critério de estabilidade pode reduzir-se à discussão de $K\beta$ ($\omega = 0$). Por isso, nas expressões que se seguem, o valor $K\beta$ utilizado foi calculado como se não existissem capacidades.

2) R_{L1} variável.

Pode-se obter igualmente a relação

$$\frac{1}{K\beta} = \frac{R_{L1c}}{R^{L1}} + \left(1 - \frac{R_{L1c}}{R_{L1}}\right) \frac{r_2 + r_k}{\mu a\ r_k} \quad (1\text{-}25)$$

sendo

$$R_{L1c} = \frac{r_{p1}\ r_2 + r_{p1}\ r_k + r_2\ r_k}{\mu a\ r_k - r_2 - r_k} \quad (1\text{-}26)$$

3) R_{L2} variável.

Anàlogamente

$$K\beta = \frac{r_1\ r_k + (r_1 + r_k)\ (r_{p2} + R_{L2c})}{r_1\ r_k + (r_1 + r_k)\ (r_{p2} + R_{L2})} \quad (1\text{-}27)$$

sendo

$$R_{L2c} = \frac{r_k\ (\mu a\ R_{L1} - r_1)}{r_1 + r_k} - r_{p2} \quad (1\text{-}28)$$

4) R_k variável.

Do mesmo modo

$$K\beta = \frac{r_1\ r_2 + (r_1 + r_2)\ (\mu + 1)\ R_{kc}}{r_1\ r_2 + (r_1 + r_2)\ (\mu + 1)\ R_k} \cdot \frac{R_k}{R_{kc}} \quad (1\text{-}29)$$

sendo

$$R_{kc} = \frac{r_1\ r_2}{(\mu + 1)\ (\mu\ a\ R_{L1} - r_1 - r_2)} \quad (1\text{-}30)$$

Estes 4 casos encontram-se representados nas figuras seguintes:

Representação do funcionamento do circuito

O comportamento do circuito, incluindo os fenómenos de histerese que nele têm lugar, pode ser evidenciado através da representação das várias tensões em função da tensão E.

As figuras da página seguinte mostram-nos como variam as tensões de placa e a tensão do cátodo nos 3 casos que acabámos de estudar.

O valor I'_{b1}, obtido após a transição do estado A para o B, determina-se gràficamente a partir da Fig. 1-12, construindo a característica (i_{b1}, e_{gk1}) e traçando nesta a recta $e_{gk1} = E_1 - R_k\ i_b$ (vide Fig. 1-11).

O valor obtido é ligeiramente inferior a I_{b2}, como se vê de

$$I'_{b1} = \frac{E_1 - E'_{gk1}}{R_k} = I_{b2} - \frac{E'_{gk1} - E_{co1}}{R_k} < I_{b2} \quad (1\text{-}32)$$

A Fig. 1-17, (caso $K\beta > 1$) mostra claramente a histerese do circuito. As setas indicam os sentidos possíveis das transformações. O traço

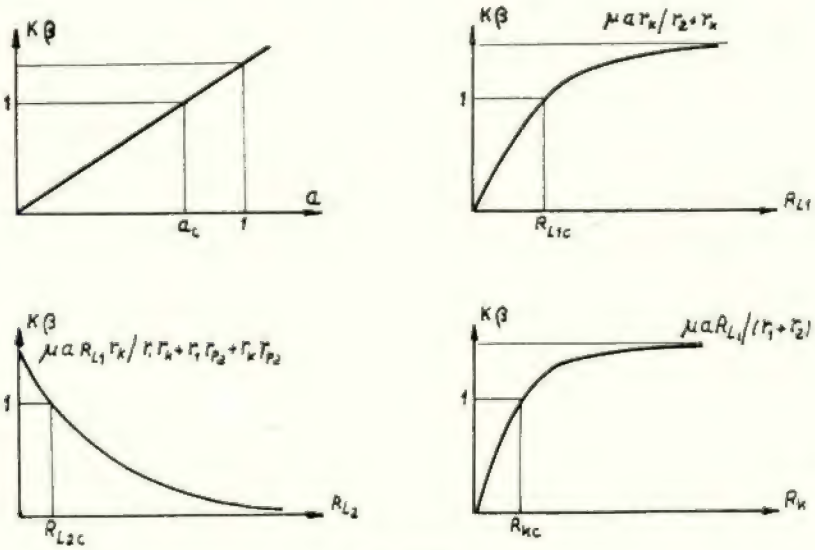


Fig. 1-14

Podemos finalmente resumir estes resultados no quadro da página seguinte, atendendo ainda à relação

$$D = \mu\ a\ r_k\ R_{L1} \left(\frac{1}{K\beta} - 1\right) \quad (1\text{-}31)$$

que se obtém de (1-20) e (1-22).

interrompido representa o lugar geométrico dos pontos correspondentes aos estados instáveis. Se o circuito for levado a um desses pontos, evoluirá para um ou outro estado estável, consoante o sentido da perturbação que o arrancará do equilíbrio instável.

QUADRO 1-1

a	R_{L1}	R_{L2}	R_K	$K\beta$	D	$\frac{\Delta e_{gk1}}{\Delta E}$	$\frac{\Delta e_{gk2}}{\Delta E}$	Natureza do estado
$< a_c$	$< R_{L1c}$	$> R_{L2c}$	$< R_{kc}$	< 1	> 0	> 0	< 0	estável
$= a_c$	$= R_{L1c}$	$= R_{L2c}$	$= R_{kc}$	$= 1$	$= 0$	$\to \infty$	$\to \infty$	instável
$> a_c$	$> R_{L1c}$	$< R_{L2c}$	$> R_{kc}$	> 1	< 0	< 0	> 0	instável-histerese

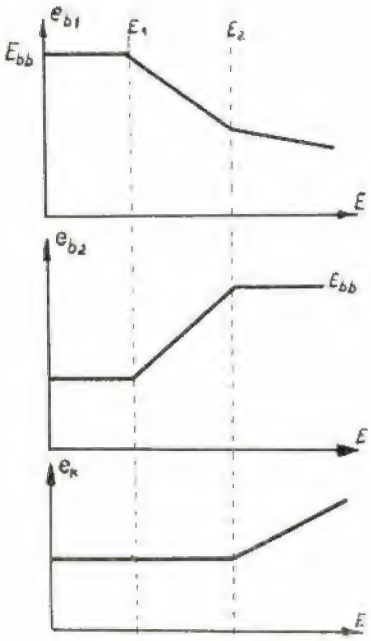


Fig. 1-15

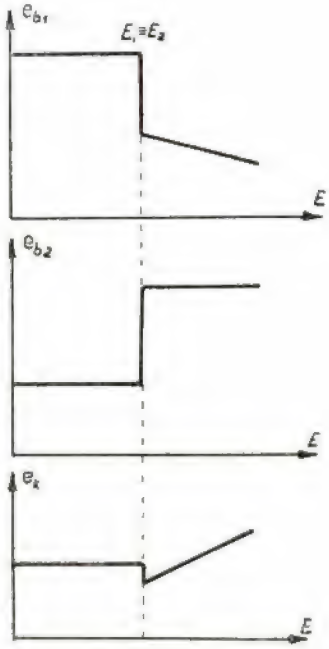


Fig. 1-16

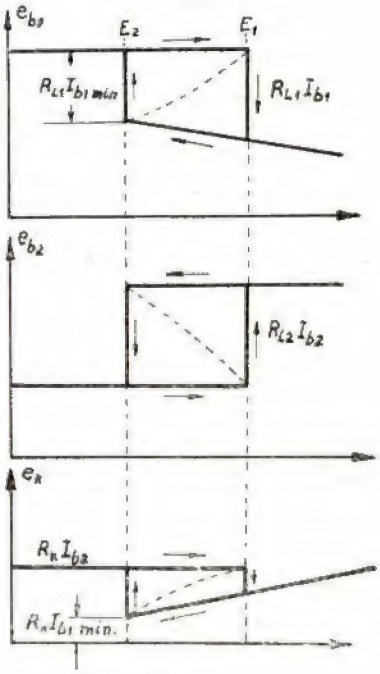
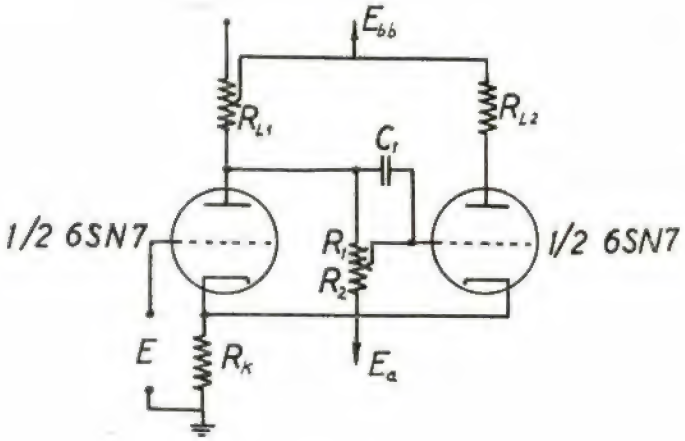


Fig. 1-17

1.2.3 — Ensaios. Oscilogramas

Circuito utilizado



$R_{L1} = 0\ 100\ k\Omega$

$R_{L2} = 5\ k\Omega$

$R_1 + R_2 = 1\ M\Omega$

$R_k = 15\ k\Omega$

$C_1 = 25\ pF, 50\ pF$

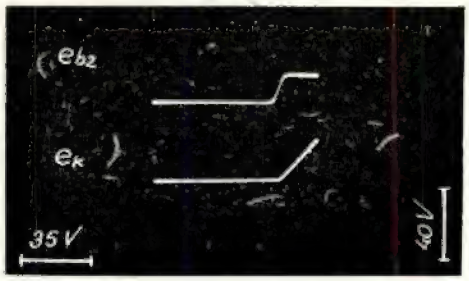
E_{bb} = variável

E_a = variável

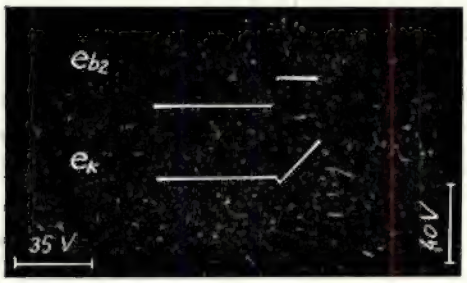
Fig. 1-18

As Fots. 1-3, 1-4 e 1-5 mostram a variação das tensões e_{b2} e e_k com a tensão E, respectivamente nos casos $K\beta < 1$, $K\beta = 1$, $K\beta > 1$.

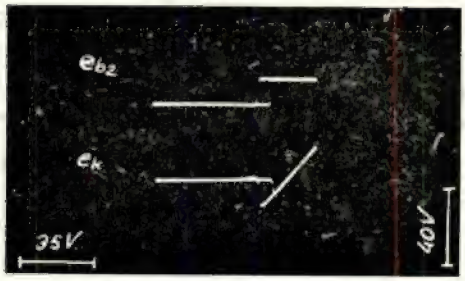
Neste ensaio a tensão E variava de modo sinusoidal, com f = 400 c/s.



Fot. 1-3



Fot. 1-4

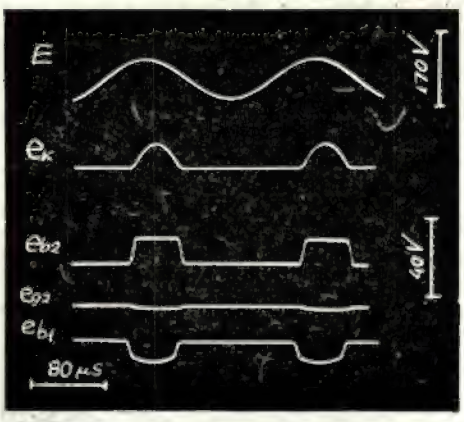


Fot. 1-5

A Fot. 1-6 mostra a resposta do circuito a um sinal sinusoidal de f = 5 kc/s, num caso sem histerese.

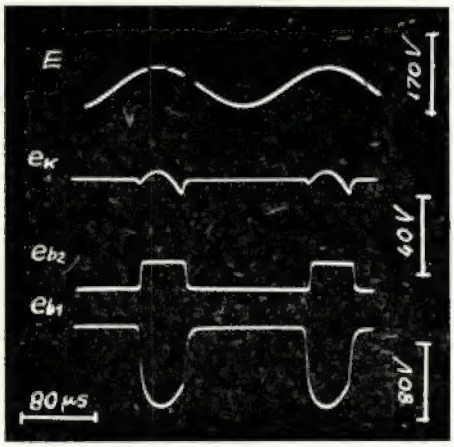
Vê-se claramente a distinção entre as duas zonas de amplificação: primeiro os dois tubos, e depois só o tubo I a amplificar. Comparar com a Fig. 1-15 e a Fot. 1-3. Notar também a menor duração dos impulsos de cátodo, devido à constância de e_k durante a dupla condução.

A Fot. 1-7 mostra-nos a resposta do circuito ao mesmo sinal num caso em que há histerese.



Fot. 1-6

Confrontar com a Fig. 1-17 e a Fot. 1-5. O oscilograma de tensão e_k é particularmente elucidativo, pois dá-nos uma medida da «quantidade» de histerese E_1-E_2. Com efeito, desde



Fot. 1-7

que a diferença entre $I_{b1\,min}$ e I'_{b1} (v. Fig. 1-12 e exp. 1-32) não seja grande, teremos aproximadamente

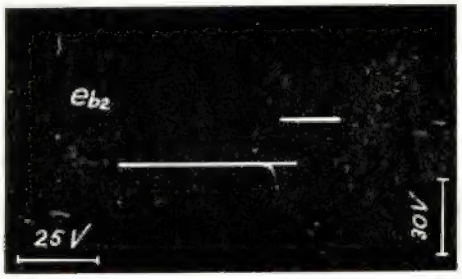
$$E_1 - E_2 \simeq \frac{r_{p1} + \mu R_k + R_{L1}}{\mu} (I_{b1} - I'_{b1\,min})$$

A diferença entre os picos da tensão e_k, visíveis no oscilograma, será então

$$\Delta E_k = R_k\,(I'_{b1} - I_{b1\,min}) = \frac{E_1 - E_2}{1 + r_1/\mu R_k} \qquad (1\text{-}33)$$

O circuito que utilizámos contém, do mesmo modo que o seu congénere acoplado pela placa, um condensador C_1 no acoplamento (único) entre a placa do tubo I e a grelha do tubo II.

Também aqui se pode notar um fenómeno de sobrecompensação. Nos ensaios correspondentes às Fots. 1-3 a 1-7, usou-se um condensador $C_1 = 25$ pF.



Fot. 1-8

A Fot. 1-8 mostra a influência da sobrecompensação na forma de tensão e_{b2}, proveniente do emprego dum valor $C_1 = 50$ pF. Como já vimos anteriormente, este facto vai determinar o aparecimento duma sobretensão e respectivo regime transitório do tipo exponencial. Como os oscilogramas foram obtidos fazendo variar E com o tempo segundo uma lei sinusoidal, resulta:

— Dentro da zona de histerese (Fig. 1-19), E cresce duma maneira monotónica, não se afastando muito da linearidade.

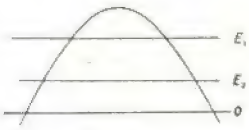


Fig. 1-19

Nestas condições, as variações exponenciais em relação ao tempo são ainda aproximadamente exponenciais em relação a E. Além disso, à medida que baixarmos a frequência, o domínio de E, correspondente ao intervalo de tempo em que as cargas e descargas das capacidades são apreciáveis, vai sendo cada vez menor, pelo que esses fenómenos se tornam menos evidentes.

2. MULTIVIBRADOR MONOSTÁVEL

2.1 — MULTIVIBRADOR MONOSTÁVEL COM ACOPLAMENTO PELA PLACA

2.1.1 — Generalidades

Consideremos o circuito da Fig. 2-1 e procuremos os seus possíveis estados de funcionamento.

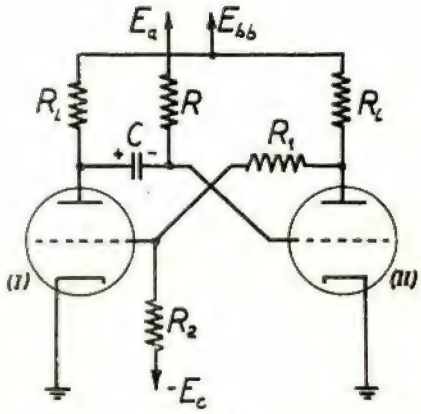


Fig. 2-1

Estados de corte-condução

A — { tubo I cortado
tubo II a conduzir

Vejamos em primeiro lugar a influência que o facto de o tubo II conduzir ou não corrente de grelha exerce sobre a natureza deste estado.

Se não conduzir, resulta imediatamente que o estado não pode ser estacionário, visto que a estacionaridade do circuito independente RCR_L implicaria uma ausência de queda de tensão em R, e este facto é incompatível com o carácter negativo suposto para e_{g2}.

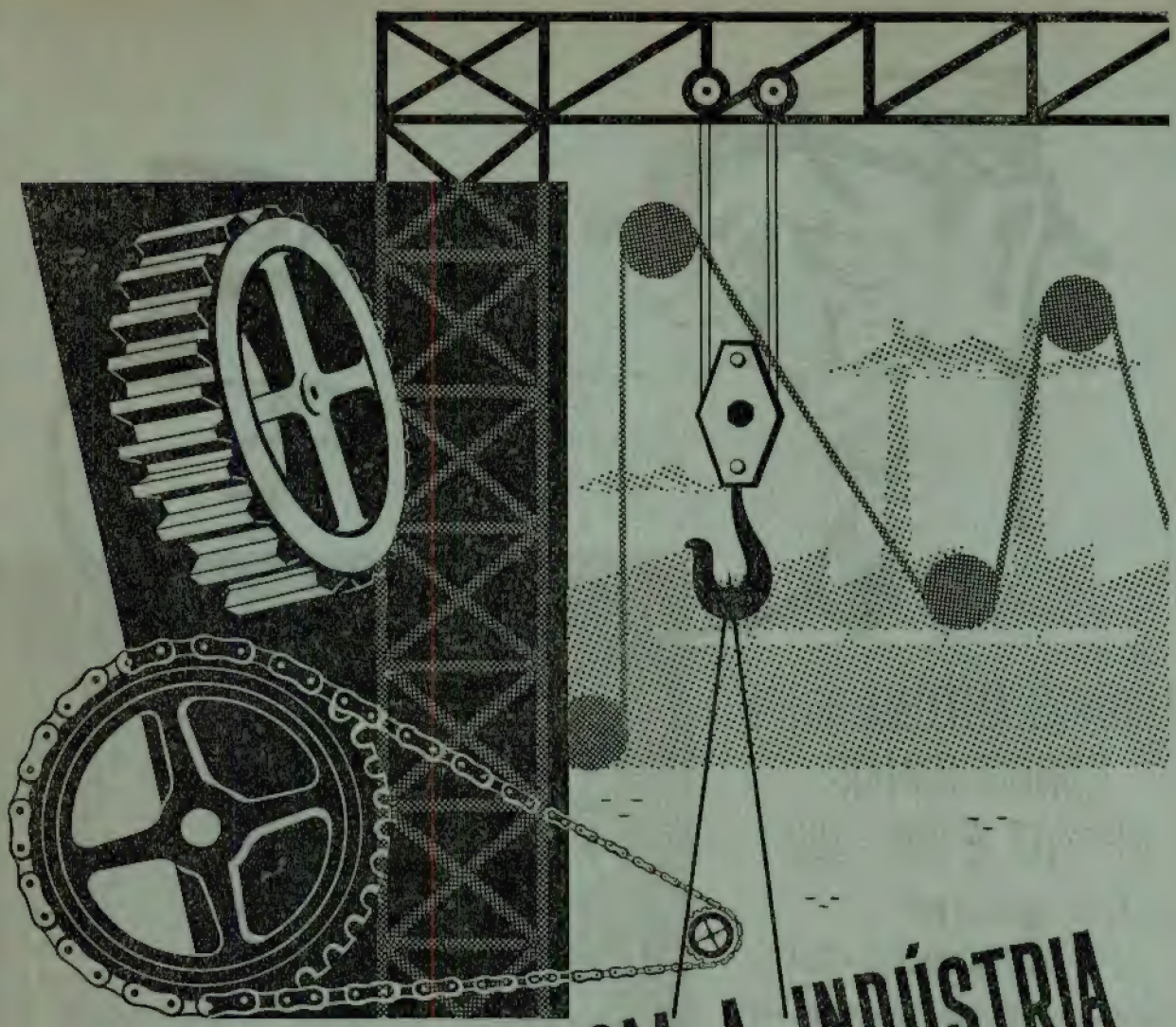
Havendo corrente de grelha, porém, já é possível um estado estacionário, em que a grelha do tubo II é mantida a uma tensão aproximadamente nula, pela corrente i_g ($r_g\ i_g << Ri_g$), e o condensador fica carregado, dentro da mesma aproximação, à tensão de alimentação E_{bb}.

Esta possibilidade exige que a tensão estacionária E_{g1}, resultante da tensão E_{b2} correspondente a $e_{g2} = 0$, e de $-E_c$, por meio do dispositivo potenciométrico R_1, R_2, se situe abaixo do corte.

Nestas condições, este estado é estável, em virtude da sua estacionaridade conjugada com a existência dum tubo bloqueado, como já vimos atrás.

O estado estacionário que estamos considerando implica — ainda dentro das condições anteriores — um processo de carga do condensador, correspondente a um regime transitório inicial.

Se a tensão E_{g1}, correspondente ao estado $e_{g2} = 0$, for superior ao corte, nunca se alcan-



COLABORANDO COM A INDÚSTRIA

NA LUBRIFICAÇÃO DE TODOS
OS SISTEMAS DE ENGRENAGENS

LUBRIFICANTES

Sonap

57-154

Varsóvia Mokotowska, 49,
POLÓNIA
Endereço Telegráfico:
METALEX — VARSÓVIA

TORNOS AUTOMÁTICOS LONGITUDINAIS BP-U7 E BP-U12

DE ALTA QUALIDADE DA PRODUÇÃO POLACA

Fabrico de pequenas peças perfiladas em grande e média série.

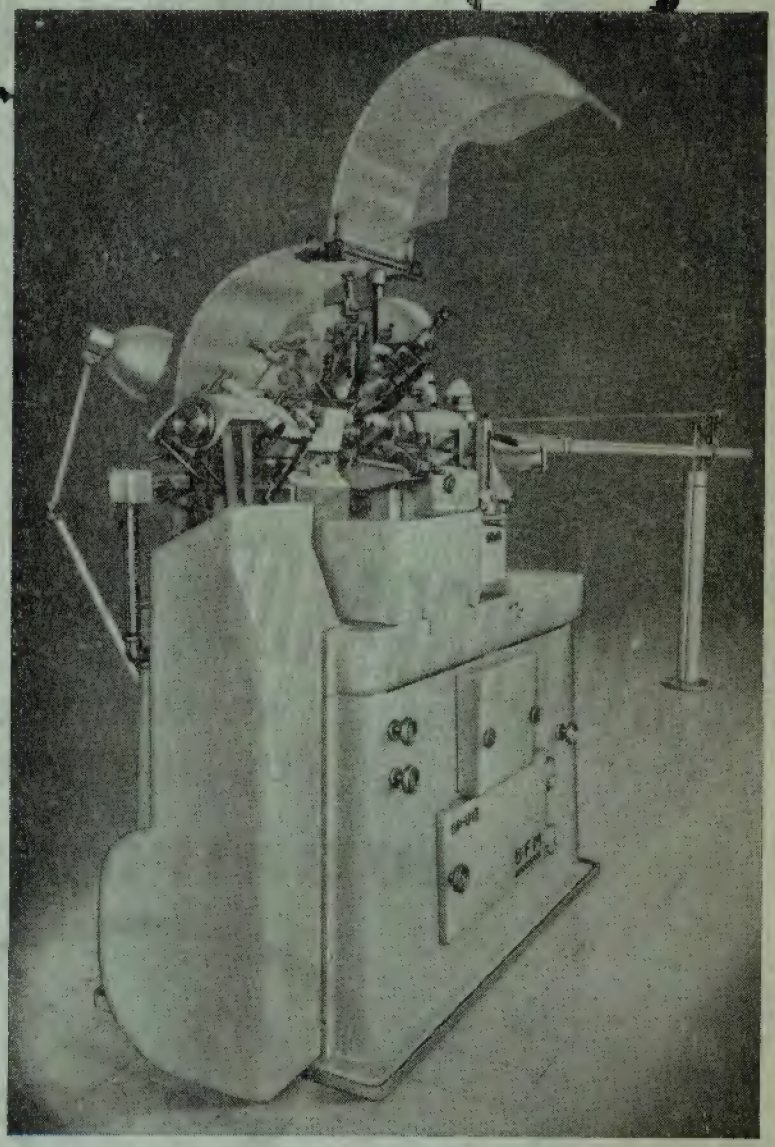
Construção simples, funcionamento impecável.

Extensa gama de rendimento.

Solução muito criteriosa do avanço da barra.

Paragem automática da máquina no termo decurso da barra.

Caracteristicas:	BP-U7	BP-U12
Diâmetro máximo da barra . .	7 mm	12 mm
Comprimento máximo de trabalho	70 mm	70 mm
Velocidade da brocha t/min .	200-6000	700-6000
Rendimento peças/min	0.462-24.8	0.076-23
Potência do motor	1 KW	1.7 KW
Peso aproximado	700 kg	1000 kg



PEÇA-NOS PROSPECTOS EXPLICATIVOS

çará o estado estacionário mencionado, pois no período inicial que se segue à passagem do tubo II ao estado de condução, a tensão e_{g1} irá subindo (carga do condensador) e a certa altura ultrapassa a tensão de corte, levando o tubo I à condução. Quer dizer:

Quando o tubo II começa a conduzir, há sempre um regime inicial de carga de C. Simplesmente, conforme o valor E_{g1} correspondente a $e_{g2} = 0$ é menor ou maior que a tensão de corte, assim o estado será apenas um regime transitório para um estado final estacionário, ou constituirá por si um estado de relaxação de duração limitada. Nesta segunda hipótese o circuito passará a funcionar como um multivibrador astável, como veremos adiante.

Notemos por outro lado que se E_c for suficientemente elevado, (ou R_2/R_1 suficientemente baixo) a tensão resultante e_{g1}, para $e_{g2} < E_{co}$, pode tornar-se tão baixa que a descida $R_L\ I_{b1}$ que a tensão e_{b1} experimenta ao começar de súbito a conduzir, e se vai comunicar à tensão e_{g2}, não chegue para levar esta abaixo do corte.

Nestas condições o sistema não funcionará como monostável, mas conservará permanentemente o estado A, com o tubo I cortado e o II a conduzir.

B — { tubo I a conduzir
tubo II cortado

Este estado nunca pode ser estacionário, quer haja ou não corrente de grelha, pelo motivo citado no caso anterior. Um estado estacionário nestas condições ($e_{g2} < 0$) implicaria uma queda de tensão nula em R, em desacordo com as referidas condições.

Portanto, uma vez colocado o sistema neste estado, isto é, o condensador carregado com a polaridade indicada na Fig. 2-1, este reagirá descarregando-se, à custa das cargas positivas que a tensão E_a envia à sua armadura negativa, através da resistência R.

Estados de dupla condução

Se nenhum dos tubos conduzir corrente de grelha, o estado, além de não estacionário, é instável. A qualquer perturbação do sistema seguir-se-á um processo cumulativo, com as tensões a variarem em sentidos opostos, visto que as variações em cada grelha são amplificadas e aplicadas depois de invertidas à outra grelha. Neste processo intervêm duas amplificações e uma redução por um factor $a = R_2/(R_1 + R_2)$ em geral não muito pequeno. Se suposermos o processo suficientemente rápido, para que a tensão no condensador C não sofra alteração apreciável, este funcionará como um curto-circuito para as variações consideradas, e a transmissão da placa de I à grelha de II far-se-á sem atenuação. As duas amplificações e a atenuação a acarretam assim um processo regenerativo e a consequente instabilidade do estado que estamos tratando.

Se apenas no tubo II circular corrente de grelha o estado será estacionário. A transmissão de e_{b1} a e_{g2} far-se-á com uma redução já apreciável ($\simeq r_g / r_g + r_p$) diminuindo a instabilidade deste estado.

Se só o tubo I conduzir corrente de grelha, o estado será em princípio apenas não estacionário. No entanto, apesar da grande atenuação (r_g'/R_1) das variações de e_{b2}, o menor abaixamento de e_{g1} implica um aumento de r_g, que se reflectirá no aparecimento de instabilidade.

Se os dois tubos conduzirem corrente de grelha, o estado será estacionário e de estabilidade relativa, em virtude do que acabámos de dizer.

* * *

Vejamos agora por quais destes estados passa o sistema no seu funcionamento normal.

Dum modo geral o circuito é dimensionado de maneira a que o estado estável corte-condução seja possível, isto é, é dimensionado como monostável. Nestas condições, se o circuito estiver entregue a si próprio, encontrar-se-á permanentemente naquele estado. O tubo I estará cortado, o tubo II a conduzir com a grelha ao zero, e o condensador estará no máximo da sua carga.

Se quisermos fazer sair o sistema deste estado, será suficiente, como vimos no caso bistável, obrigar o tubo I a conduzir. O sistema vai entrar assim num estado de dupla condução e perderá a sua estabilidade. Pelo processo cumulativo referido, a acção já iniciada da subida de e_{g1} e descida de e_{g2} completa-se, até levar o tubo II ao corte, e ficando o tubo I a conduzir. Durante esta transição, suposta rápida, a carga no condensador C pouco variará, e assim o novo estado

(I a conduzir, II cortado) vai encontrar o condensador carregado à tensão máxima.

Como já vimos, estas cargas ($C\ E_{bb}$) irão descarregar-se através do tubo I e das resistências R e R_L. Como o tubo I durante este período pouco é afectado pela descarga do condensador (a corrente de descarga é muito menor que a de placa), as variações de tensão em C transmitem-se quase integralmente à grelha do tubo II, levando e_{g2} a subir até que atinge o corte.

Cai-se então de novo num estado de dupla condução, e nova inversão de estados acaba por ter lugar.

O tubo I é cortado ràpidamente, e a brusca subida da sua tensão de placa comunica-se à tensão e_{g2} do tubo II, levando este a conduzir corrente de grelha. É essencialmente esta corrente que vai então carregar o condensador, levando-o exponencialmente (1) num regime transitório, ao valor máximo da sua energia electrostática, correspondente ao estado estável inicial do circuito.

Podemos assim resumir o comportamento do sistema:

1) O sistema está no seu estado permanente A, correspondente ao nível máximo da sua energia electrostática.

2) Uma causa exterior leva-o para fora da zona de estabilidade.

3) O sistema deriva do estado anterior para um estado não estacionário, de relaxação, B.

4) O sistema evolui neste estado, baixando a sua energia electrostática, e acabando por cair de novo na zona de instabilidade.

5) O sistema sai desta instabilidade para entrar na zona de estabilidade de A, com o nível electrostático anterior.

6) O sistema regressa ao estado permanente, retomando o condensador o nível energético primitivo.

Se o sistema funcionar como multivibrador astável, o estado referido como A será também de relaxação. Sendo assim, o circuito não necessita de agente exterior para efectuar uma modificação nos seus estados. Encontrar-se-á sempre num estado dinâmico, de evolução, oscilando entre os estados A e B, entre os quais atingirá, por subida de cada uma das tensões de grelha até ao corte um estado instável de dupla condução.

Quer dizer, em relação ao esquema de funcionamento atrás indicado, há que substituir o estado permanente A por um estado de relaxação correspondente ao regime de carga do condensador, e suprimir a alínea 2) respeitante a um agente exterior que já se não torna necessário.

2.1.2 — Descrição analítica

Estados de corte-condução

A — { tubo I cortado
tubo II a conduzir (com corrente de grelha).

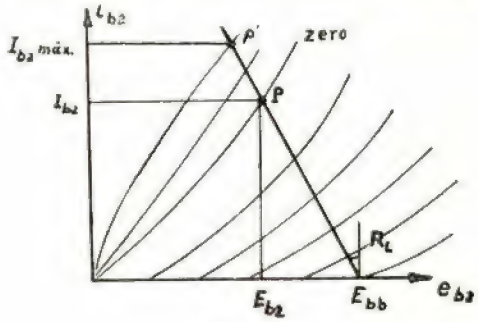


Fig. 2-2

O ponto de funcionamento do tubo II correspondente ao estado permanente obtém-se a partir das características de placa, atendendo a que

$$i_{b2} = \frac{E_{bb} - e_{b2}}{R_L} - \frac{e_{b2} + E_c}{R_1 + R_2} \qquad (2\text{-}1)$$

$$\simeq \frac{E_{bb} - e_{b2}}{R_L}, \text{ por ser } R_1 + R_2 >> R_L$$

$$e_g = \frac{r_g}{R + r_g} E_{bb} \qquad (2\text{-}2)$$

$$\simeq 0, \text{ por ser } R >> r_g .$$

Quanto ao tubo I, tem-se

$$\begin{cases} e_{g1} = a\ E_{b2} - (1 - a)\ E_c = E_{g1} \\ e_{b1} = E_{bb} \\ e_C = e_{b1} - e_{g2} = E_{bb} \end{cases} \qquad (2\text{-}3)$$

Para que este estado seja possível, deverá ser

$$E_{g1} < E_{co}, \text{ isto é}$$

$$a\ E_{b2} - (1 - a)\ E_c < E_{co} \qquad (2\text{-}4)$$

A tensão E_{co} corresponde à tensão de placa E_{bb}.

(1) Aproximadamente, visto que r_g só com certa aproximação é constante.

O estado $\left\{ \begin{array}{l} \text{tubo I cortado} \\ \text{tubo II a conduzir (sem corrente} \\ \quad \text{de grelha)} \end{array} \right.$

que se não realiza no funcionamento normal, pode determinar-se a partir do circuito representado.

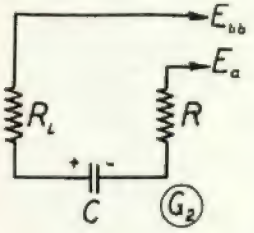


Fig. 2-3

B — $\left\{ \begin{array}{l} \text{tubo I a conduzir} \\ \text{tubo II cortado} \end{array} \right.$

Durante este estado e_{g1} mantém-se constante, pois apenas depende dos valores fixos E_{bb}, E_c, R_1 e R_2.

Será

$$e_{g1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_L} E_{bb} - \frac{R_1 + R_L}{R_1 + R_2 + R_L} E_c = E'_{g1}$$

$$\simeq a\, E_{bb} - (1 - a)\, E_c \qquad (2\text{-}5)$$

se o valor calculado E'_{g1} for menor que zero. Se pelo contrário, este valor for positivo, teremos corrente de grelha, e a resistência r_g que então se tem de considerar acarreta o valor

$$e_{g1} = \frac{R_2\, E_{bb} - (R_1 + R_L)\, E_c}{(R_1 + R_L)\, R_2 + r_g\, (R_1 + R_2 + R_L)} \cdot r_g \simeq 0 \qquad (2\text{-}6)$$

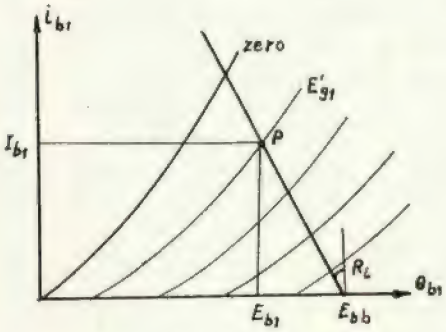


Fig. 2-4

A condição de existência deste estado é agora $E'_{g1} > E_{co}$, no caso (2-5).

Embora e_{g1} se mantenha constante, o ponto de funcionamento desloca-se ao longo da característica de placa correspondente a $e_{g1} = E'_{g1}$, ou $e_{g1} = 0$. Supondo este deslocamento de pequena amplitude, poderemos pôr

$$i_{b1} = I_{b1} + \frac{e_{b1} - E_{b1}}{r_{p1}} \qquad (2\text{-}7)$$

em que I_{b1} e E_{b1} correspondem ao ponto de equilíbrio do tubo, para a tensão E'_{g1}.

Durante este estado, como vimos, C vai descarregar a sua carga CE_{bb}.

O circuito de descarga é o representado na Fig. 2-5.

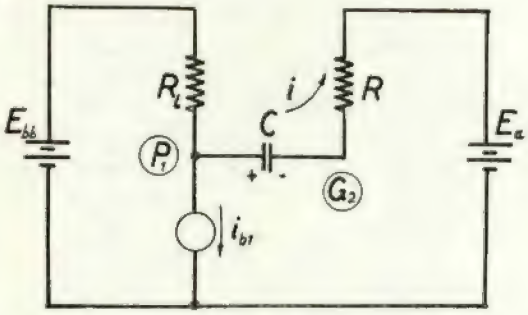


Fig. 2-5

Do circuito, tiram-se as equações

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{bb} = R_L\, i + R_L\, i_{b1} + e_{b1} \\ E_{bb} - E_a = R_L\, i + R_L\, i_{b1} + R\, i + q/C \\ i = \dfrac{dq}{dt} \qquad q\,(0) = C\, E_{bb} \end{array} \right. \qquad (2\text{-}8)$$

Integrando o sistema (2-7), (2-8), e tendo tomado para origem dos tempos o início deste estado, obtemos as seguintes expressões:

$$\begin{aligned} \frac{q}{C} &= E_{bb} - E_a - R_L\, I_{b1} + (E_a + R_L\, I_{b1})\, \epsilon^{-t/R'C} \\ i &= -\frac{E_a + R_L\, I_{b1}}{R'}\, \epsilon^{-t/R'C} \\ i_{b1} &= I_{b1} - \frac{R_L}{R_L + r_{p1}}\, i \\ e_{b1} &= E_{b1} - \frac{r_{p1}\, R_L}{R_L + r_p}\, i \\ e_{g2} &= E_a + R\, i = E_a - \frac{R\,(E_a + R_L\, I_{b1})}{R'}\, \epsilon^{-t/R'C} \\ &\simeq E_a - (E_a + R_L\, I_{b1})\, \epsilon^{-t/R'C} \end{aligned} \qquad (2\text{-}9)$$

em que

$$R' = R + \frac{r_p\, R_L}{r_{p1} + R_L} \simeq R \qquad (2\text{-}10)$$

A estas expressões acrescentaremos os valores estáticos

$$e_{g1} = E'_{g1} \text{ ou } e_{g1} = 0$$

$$e_{b2} = E_{bb}$$

Este estado mantém-se enquanto o tubo II estiver cortado, isto é, enquanto e_{g2} for inferior a E_{co}.

Cessará ao fim do tempo T, tal que

$$e_{g2}(T) = E_{co} \qquad (2\text{-}11)$$

Substituindo em (2-11) o valor de e_{g2} tirado de (2-9), obtém-se a expressão do período

$$T = R'C \log \frac{E_a + R_L I_{b1}}{E_a - E_{co}} \qquad (2\text{-}12)$$

C — *Regime transitório no início do estado A*

É, como vimos, o período de carga de C. A carga inicial de C será aproximadamente a que tinha antes da transição, ou seja, se tomarmos de novo para origem dos tempos o início deste estado,

$$q(0) = C\,[e_{b1} - e_{g2}] = C\,[E_{bb} - R_L I_{b1} - E_{co}] \qquad (2\text{-}13)$$

Ora, a subida brusca de e_{b1} vai originar o aparecimento de corrente de grelha no tubo II. O circuito de carga será então o representado na Fig. 2-6.

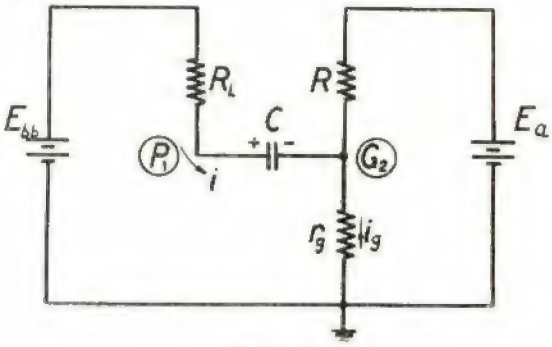


Fig. 2-6

As equações do circuito são agora as seguintes:

$$\begin{aligned} E_{bb} &= R_L\, i + r_g\, i_g + q/C \\ E_a &= R\, i_g - R\, i + r_g\, i_g \\ i &= \frac{dq}{dt} \end{aligned} \qquad (2\text{-}14)$$

Integrando o sistema (2-14), tendo em atenção a condição (2-13), resulta:

$$\frac{q}{C} = E_{bb} - \frac{r_g E_a}{R + r_g} - \left(\frac{r_g E_a}{R + r_g} + R_L I_{b1} + E_{co}\right) \epsilon^{-t/R'_L C}$$

$$\simeq E_{bb} - (R_L I_{b1} + E_{co})\, \epsilon^{-t R'_L C}$$

$$i \simeq \frac{R_L I_{b1} + E_{co}}{R'_L}\, \epsilon^{-t/R'_L C}$$

$$i_g = \frac{E_a}{r_g + R} + \frac{R}{r_g + R}\, i \simeq i \qquad (2\text{-}15)$$

$$e_{g2} = r_g\, i_g \simeq \frac{r_g (R_L I_{b1} + E_{co})}{R'_L}\, \epsilon^{-t/R'_L C}$$

$$e_{b1} = E_{bb} - R_L\, i \simeq E_{bb} - \frac{R_L}{R'_L}(R_L I_{b1} + E_{co})\, \epsilon^{-t/R'_L C}$$

em que

$$R'_L = R_L + \frac{R\, r_g}{R + r_g} \qquad (2\text{-}16)$$

As tensões e_{b2} e e_{g1} obtêm-se a partir do circuito da Fig. 2-7.

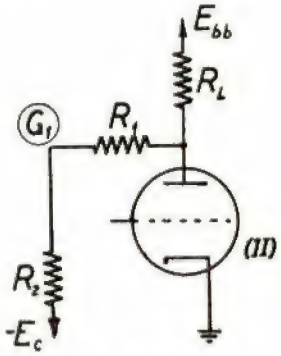


Fig. 2-7

Para pequenas variações tem-se

$$i_{b2} = I_{b2} + g_m\, e_{g2} + \frac{e_{b2} - E_{b2}}{r_{p2}} \qquad (2\text{-}17)$$

em que se toma o ponto P da Fig. 2-2 para ponto de referência.

Ora da Fig. 2-7 tira-se

$$i_{b2} = \frac{E_{bb}}{R_L} - \frac{E_c}{R_1 + R_2} - \left(\frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_1 + R_2}\right) e_{b2} \qquad (1\text{-}18)$$

Dentro, porém, da aproximação que temos considerado, podemos desprezar a corrente em R_1 e R_2, em face da corrente no tubo.

Isto equivale a admitir que o ponto de funcionamento se desloca sobre a recta de carga. (v. Fig. 2-2). Uma vez calculado $e_{g2\,máx}$ a partir de (2-15), o ponto P' correspondente determinar-nos-á a corrente $I_{b2\,máx}$ e a tensão $E_{b2\,min}$ respectivas.

A tensão e_{g1} tira-se da Fig 2-7.

$e_{g1} = a e_{b2} - (1 - a)\ E_c$, apresentando um mínimo, correspondente ao ponto P', dado por

$$e_{g1\,mín} = a\ E_{b2\,mín} - (1 - a)\ E_c \qquad (2\text{-}19)$$

Estado de dupla condução

Durante este estado o sistema funciona como um conjunto de 2 amplificadores com acoplamento recíproco (Fig. 2-8).

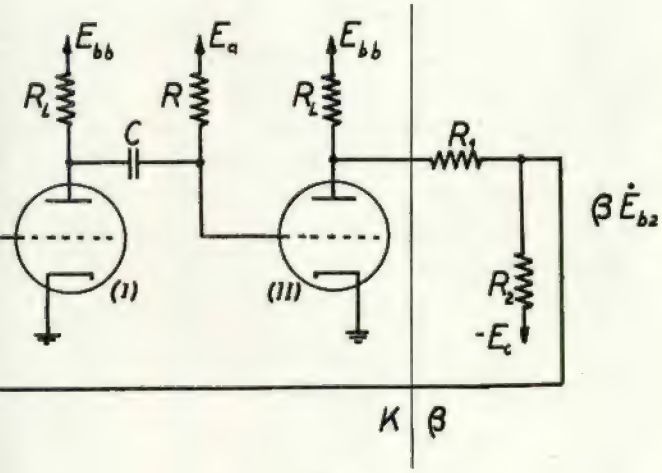


Fig. 2-8

Apliquemos o critério de Nyquist ao circuito da Fig. 2-8.

Para isso consideremos os esquemas equivalentes representados na Fig. 2-9.

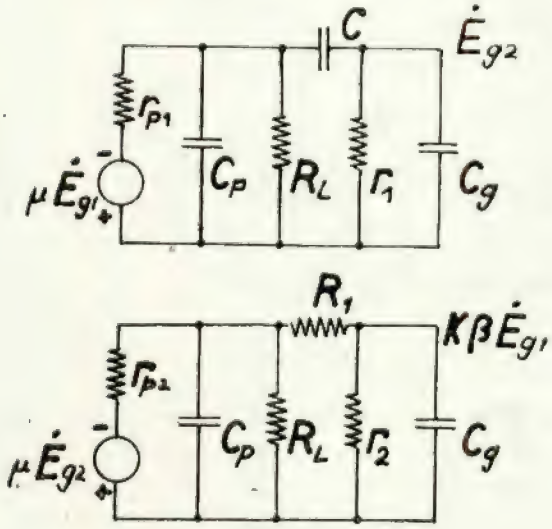


Fig. 2-9

Nestes circuitos, C_g e C_p são capacidades respectivamente de entrada (grelha) e saída (placa) dos tubos. As resistências r_1 e r_2 resultam do paralelo, respectivamente de R e R_2 com as resistências de entrada dos tubos (r_g ou ∞).

Resolvendo estes circuitos, sob o ponto de vista das tensões complexas, obtém-se a expressão :

$$K\beta = Amn \cdot \frac{1}{1 + j\omega R_1 m C_g} \cdot \frac{1}{1 + j\omega r'_{p1} C_p} \cdot$$

$$\cdot \frac{j\omega r'_1 C}{1 - \omega^2 r_1 r'_{p1} C (C_g + C_p) + j\omega (r'_1 C + r'_{p1} C_p)} \qquad (2\text{-}20)$$

em que

$$\left.\begin{aligned} A &= \frac{\mu^2 R_L^2}{(r_p + R_L)(r_{p2} + R_L)} \\ m &= \frac{r_2}{R_1 + r_2} \\ n &= \frac{r_1}{r_1 + r_{p1} R_L / (r_{p1} + R_L)} \\ r'_1 &= r_1 + r'_{p1} \\ r'_{p1} &= r_{p1} R_L / (r_{p1} + R_L) \end{aligned}\right\} \qquad (2\text{-}21)$$

O lugar geométrico de $K\beta$, dado por (2-20), é a curva fechada representada na Fig. 2-10.

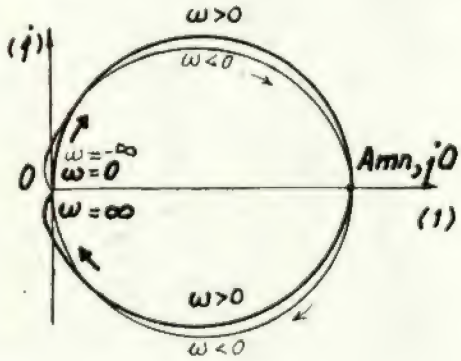


Fig. 2-10

Nestas condições, o critério de estabilidade resume-se ao esquema

$$\begin{cases} Amn < 1 \rightarrow \text{o circuito é estável} \\ Amn \geqslant 1 \rightarrow \text{o circuito é instável} \end{cases} \qquad (2\text{-}22)$$

e assim, verifica-se que é lícito reduzir o estudo da estabilidade à discussão da amplificação A e atenuações m e n, como fizemos no início do capítulo. Resta calcular estes factores, m e n.

Teremos, conforme os casos:

$$e_{g1} < 0 \quad r_2 = R_2, \quad m \simeq \frac{R_2}{R_1 + R_2} = a$$

$$e_{g1} > 0 \quad r_2 \simeq r_{g1}, \quad m \simeq \frac{r_{g1}}{R_1} \qquad (2\text{-}23)$$

$$e_{g2} < 0 \quad r_1 = R, \quad n \simeq 1$$

$$e_{g2} > 0 \quad r_1 \simeq r_{g2}, \quad n \simeq \frac{r_{g2}}{r_{g2} + r_{p1} R_L/(r_{p1} + R_L)}$$

O valor Amn será em geral bastante maior que 1, excepto no caso já referido de $e_{g1} > 0$, isto é, quando a atenuação m atinge $\frac{r_{g1}}{R_1}$, valor muito pequeno.

Já dissemos porém como este factor aumenta quando e_{g1} diminuir, pelo que é de concluir haver instabilidade ainda neste caso.

Quanto à descrição analítica destes processos de transição, aplicam-se as considerações feitas a propósito, no caso do multivibrador bistável, bem assim como a parte respeitante ao problema do desencadeamento.

Representação das tensões e correntes do circuito

Vistos os vários estados sob o aspecto quantitativo, podemos agora prever o que será o andamento das várias tensões e correntes do sistema (Fig. 2-11).

2.1.3 — Ensaios. Oscilogramas

Circuito utilizado (Fig. 2-12).

$R_L = 20\ K\Omega$
$R_1 = 1\ M\Omega$
$R_2 = 1\ M\Omega$
$R = 2{,}2\ M\Omega$
$C = 500\ pF$
$C_1 = 25\ pF$
E_{bb}, E_a, $-E_c$ = variáveis

A Fot. 2-1 mostra as várias saídas do multivibrador, desencadeado por um impulso positivo de 10 V, de duração 1 μs e de período de repetição 1500 μs.

Os valores das tensões foram

$E_{bb} = 250$ V
$E_a = 250$ V
$-E_c = -120$ V

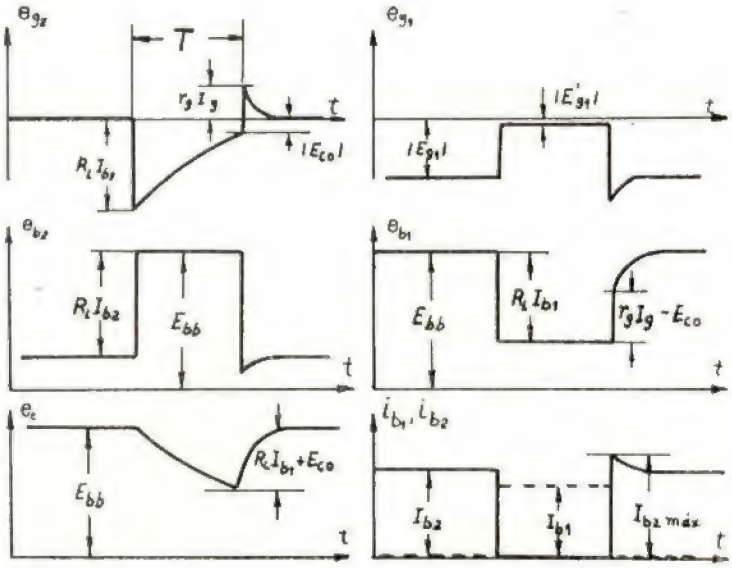


Fig. 2-11

A comparação entre os valores teóricos (cf. Fig. 2-11) e os obtidos mostra uma concordância razoável.

As Fots. 2-2, 2-3 e 2-4 mostram a influência da frequência de repetição do sinal desencadeador no período de relaxação do circuito. Os osci-

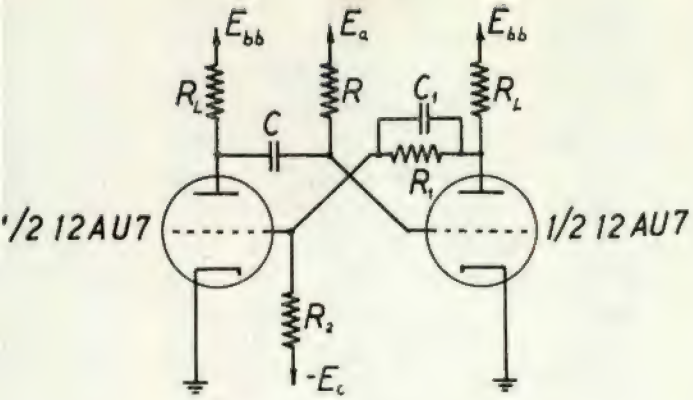
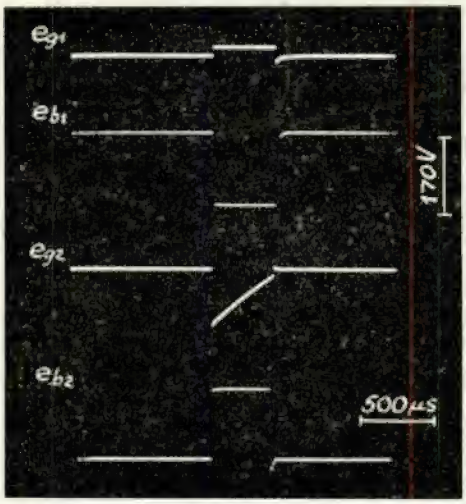


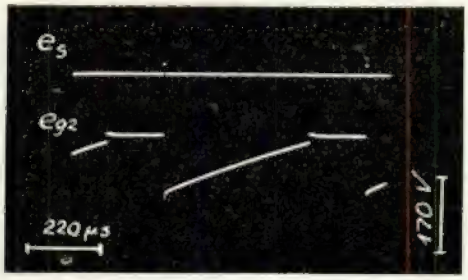
Fig. 2-12

logramas referem-se à tensão de grelha do tubo II, indicando-se também o impulso desencadeador (em vazio).

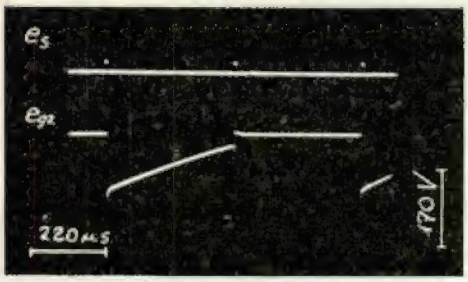


Fot. 2-1

Na Fot. 2-2, o período do sinal aplicado é um pouco superior ao período natural do multivibrador, pelo que este não é alterado.

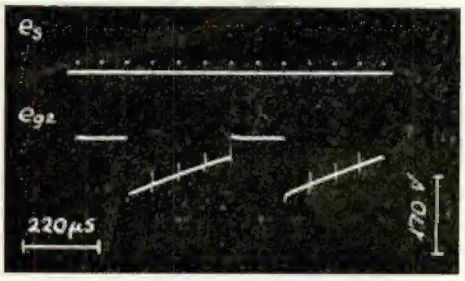


Fot. 2-2



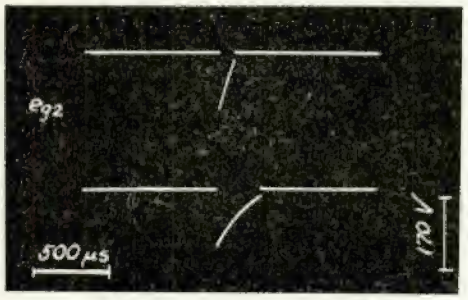
Fot. 2-3

Na Fot. 2-3, o período do impulso é ligeiramente inferior ao período natural do multivibrador, resultando o período de relaxação deste, menor e igual ao do sinal desencadeador. Com efeito, o circuito de entrada diferencia o sinal aplicado,



Fot. 2-4

que aparece assim em e_{g1} e e_{g2} com uma parte final de sinal contrário ao da inicial. É essa parte final (positiva) do sinal em e_{g2} que vai antecipar a condução de II.



(a)

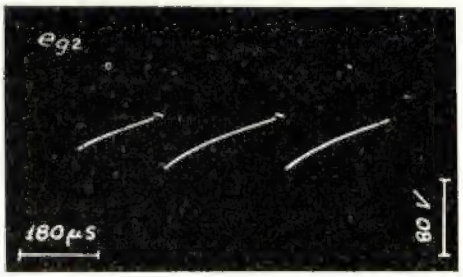
(b)

Fot. 2-5

Na Fot. 2-4 mostra-se o caso de o período do impulso ser bastante menor que o do multivibrador. Este período resulta múltiplo do primeiro, em virtude da diferenciação já apontada. Esta diferenciação aparece muito evidenciada neste

oscilograma, notando-se a parte positiva do impulso em e_{g2}, a qual vai desencadear o tubo II.

A Fot. 2-5 mostra-nos a influência da polarização na forma de e_{g2} e na duração do período de relaxação.



Fot. 2-6

Vemos que no caso a), em que $E_a = 250$ V, o período vem muito encurtado e a subida de e_{g2} é pràticamente linear, ao passo que no caso b), em que $E_a = 45$ V, o período é bastante maior, mostrando e_{g2} uma curvatura que pode chegar a causar uma certa imprecisão no período, devida à maneira menos definida como atinge o corte.

O oscilograma que apresentamos na Fot. 2-6 refere-se ao caso já citado do funcionamento da unidade como multivibrador astável.

Os valores de E_{bb}, E_a e $-E_c$ usados foram respectivamente 160, 160, -60 V.

A tensão figurada é e_{g2}, notando-se a forte assimetria devida à desigualdade de constantes de tempo na carga e na descarga.

(Continua)

6.º Congresso Internacional das Grandes Barragens

Atendendo à solicitação do Secretário da Comissão Nacional Portuguesa das Grandes Barragens, informamos que se realiza de 15 a 20 de Setembro de 1958 na cidade de Nova-York, o 6.º Congresso Internacional das Grandes Barragens. A agenda deste congresso é a seguinte:

Questão 20 — Aumento de altura das barragens existentes incluindo métodos de construção de novas barragens por andares.

Questão 21 — Observação dos esforços e deformações nas barragens e nas suas fundações e topos; comparação destas observações com as obtidas em modelos reduzidos.

Questão 22 — Métodos de compactação e teor de humidade das matérias usadas na construção de barragens de terra e enrocamento.

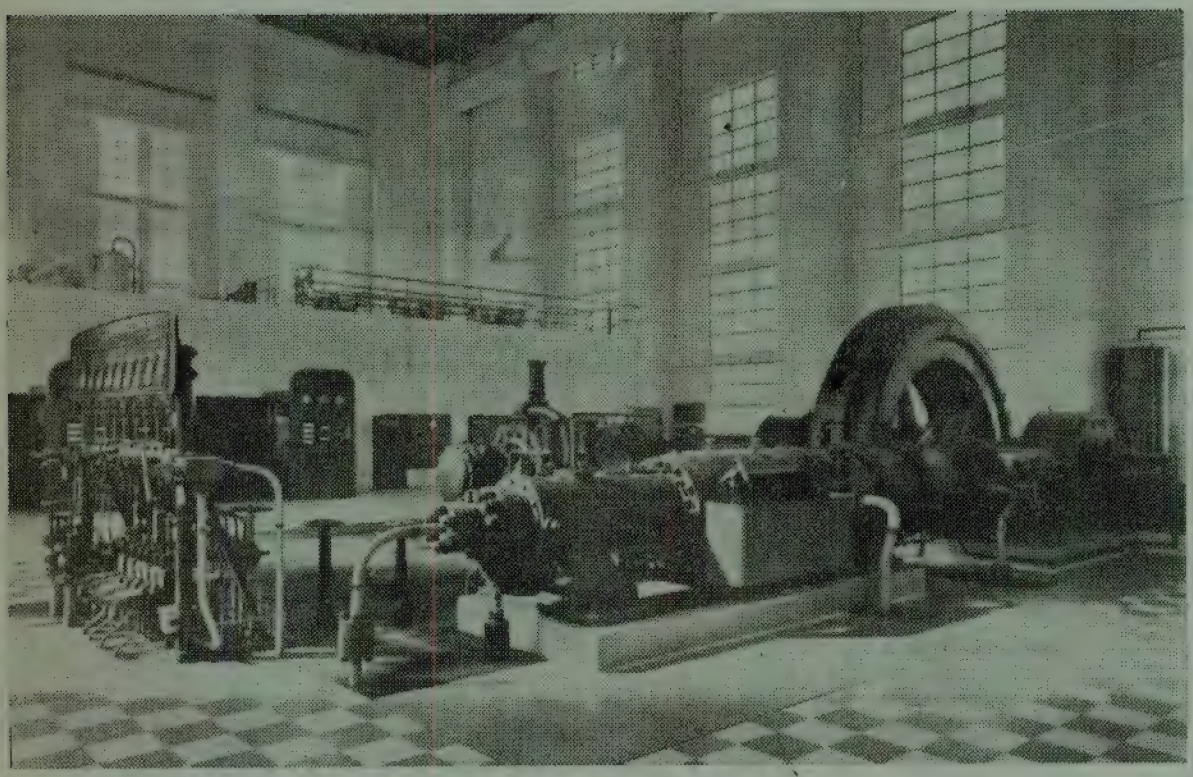
Questão 23 — Uso de aditivos e materiais pozolânicos no betão para barragens e a influência dos finos.

As inscrições devem ser feitas por intermédio da já citada Comissão Nacional.

S. A. des Ateliers de Construction

Burckhardt

Bâle



AMONÍACO PORTUGUES, S. A. — Hipercompressor horizontal para amoníaco, de 6 andares 3.800/4.100 m³/h.

Compressores **Bombas de vácuo**

Hipercompressores **Centrifugadoras**

Representantes gerais **SOCOTEL, L.DA**

Rua de Sá da Bandeira, 651-4.º Esq.

Tel. 27013 PPC **PORTO**

UNILENE

Características:

Leveza; grande resistência ao choque, esmagamento e abrasão; boa flexibilidade; grande estabilidade dimensional; perdas de carga minimas; imunidade à incrustação, insensibilidade às baixas temperaturas; resistência aos ácidos minerais, alcalis e soluções salinas, inatacabilidade por fungos ou roedores. Não tóxico.

Restrições:

A temperatura máxima de servico contínuo é de 50° C.

Aplicações:

Construção Civil, Indústria Química, Condutas desmontáveis ou fixas para cerveja, agricultura, vinicultura, sulfato para as vinhas, estábulos, nitreiras, centrais leiteiras, sumos de frutos, águas ácidas, água salgada ou calcárea, condutas de água e ar nas minas, pedreiras, etc.

UNILENE

SOCIEDADE FABRIL DE MATÉRIAS PLÁSTICAS

PORTO

RUA DO HEROÍSMO, 291

Tele { gramas UNISOTRA
fone (prov.) 5 2102

LISBOA

RUA DA EMENDA, 19

Tele { gramas UNISOTRA
fone 2 0448 - 36 7488 - 36 7489

C. D. U. 550.831

PROSPECÇÃO GRAVIMÉTRICA

O Problema da Interpretação

PELO ENG.º DE MINAS (I. S. T.) JOSÉ QUINTINO ROGADO
Bolseiro do I. A. C.

(Continuação)

CAPÍTULO V

Aplicação a um caso concreto

1 — Introdução

Como ilustração de parte da matéria anteriormente exposta, abordamos por três modos diferentes a construção da anomalia local num caso concreto. A área sobre a qual incide este estudo situa-se, no Continente Português, entre os paralelos 39º 10' e 39º 20' de latitude N e vale cerca de 30.000 hectares. Nela ocorrem formações meso-cenozoicas.

A localização e a altitude das estações, onde se estacionou com o gravimetro, estão patentes na Fig. 10. Partiu-se da estação número 1, onde a gravidade era conhecida por medidas efectuadas pelo serviço de geofísica do Instituto Geográfico e Cadastral, e estacionaram-se cem pontos.

Utilizando os dados de campo e tendo escolhido a direcção definida aproximadamente pelas estações números 13 a 21, fez-se a escolha da *densidade mais conveniente* pelo método de Nettleton. Os cálculos respectivos estão resumidos no Quadro 1-V. A Fig. 11 mostra como se realizou a interpolação gráfica com uma recta traçada desde a estação número 15 à número 21. Ensaiaram-se doze densidades e conclui-se que a mais conveniente valia 2.4 $gr.cm^{-3}$, o que parece aceitável em face da composição petro gráfica da área prospectada.

Feita a escolha da densidade, procedeu-se ao cálculo das anomalias de Bouguer nas estações. Não se considerou a correcção do terreno, porque o relevo é deminuto e os declives pouco acentuados. Partindo dos valores da anomalia de Bouguer assim obtidos nas diferentes estações e, por interpolação gráfica, construiu-se a carta dos contornos da anomalia de Bouguer que pode ser vista na Fig. 12, onde os contornos foram traçados com a equidistância de 1 mgal.

Esta carta apresenta contornos com orientação quase constante NNE-SSO. Sobre o aspecto da direcção do máximo gradiante horizontal, trata-se, portanto, de uma carta de anomalias de Bouguer simples. Mas, no que diz respeito à *grandeza* do gradiante horizontal, ocorre certa complexidade. Em traços gerais pode dizer-se que o gradiante horizontal máximo cresce de ESE para ONO e de SSO para NNE. Não há contudo anomalias de Bouguer negativas.

Entre 39º 15' e 39º 17' 30" observa-se uma ondulação acentuada nos contornos de 19, 18 e 17 mgal, ondulação que se atenua ao deslocar-nos para ESE e ONO. Os pontos de curvatura máxima das referidas ondulações dispõem-se quase paralelamente à direcção do gradiante horizontal máximo observável no resto da zona prospectada.

Este simples exame permite, desde já, concluir que:

(i) — No caso em questão se manifesta um campo regional não muito profundo, e

(ii) — Um campo local, mais superficial, cujo gradiante horizontal máximo é mais ou menos paralelo ao gradiante horizontal máximo do campo regional e, portanto

(iii) — *A configuração geológica responsável pelo campo local tem um eixo paralelo a uma direcção geológica regional.*

Para precisar estas conclusões gerais é conveniente separar os dois campos e construir, assim, as cartas das anomalias regional e local. É o que fazemos a seguir, usando três processos de atenuação distintos.

2 — Construção dos campos regional e local por atenuação dos contornos da anomalia de Bouguer

A descrição que atrás fizemos da carta da anomalia de Bouguer conduz naturalmente a realizar a atenuação dos contornos respeitando a lei de variação referida para o gradiante horizontal

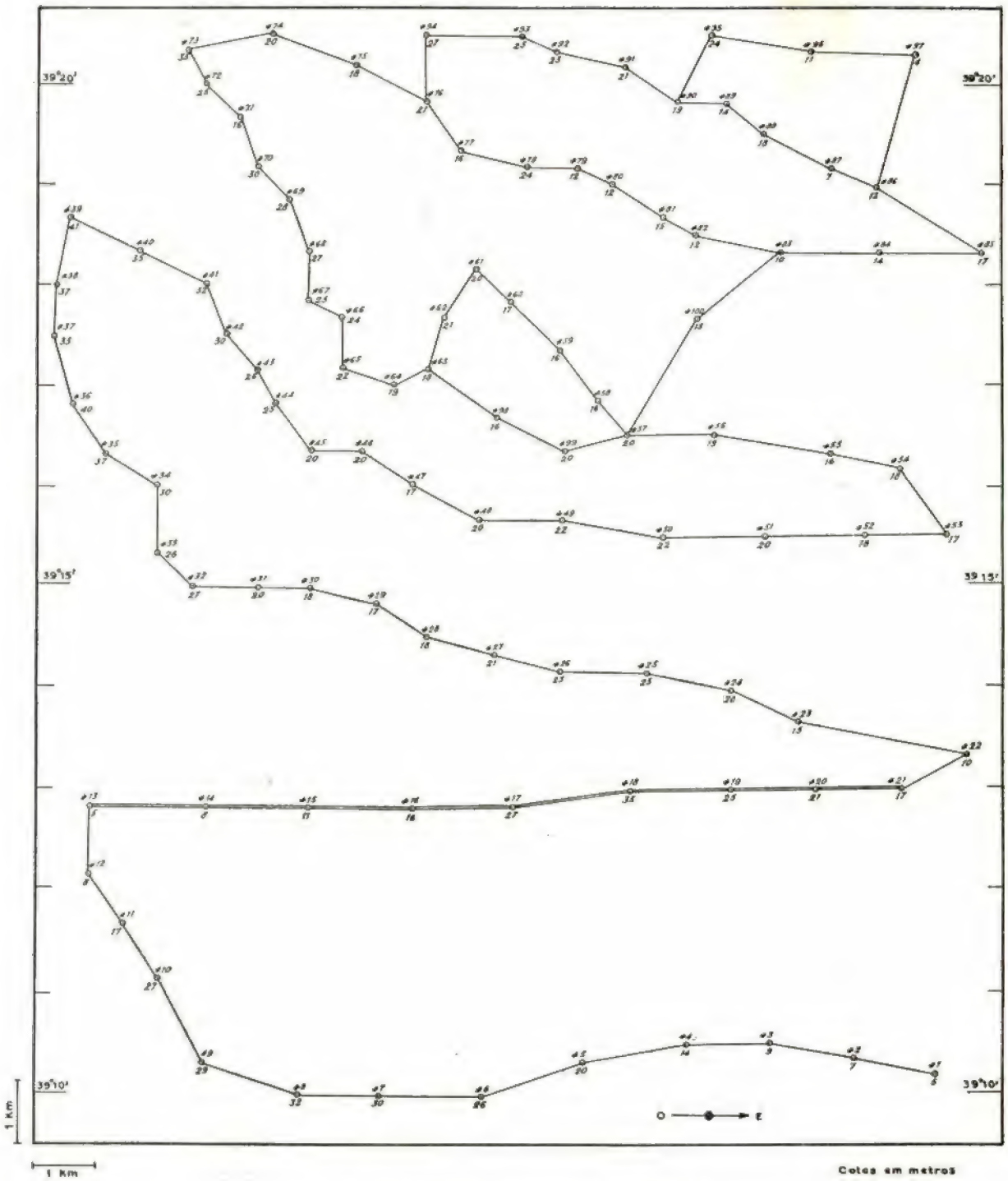


Fig. 10 — Localização e altitude das estações

QUADRO 1 — V

Escolha da densidade mais conveniente

			$\gamma = 1{,}6$	$(K - B) = 0{,}2416$	$\gamma = 1{,}7$	$(K - B) = 0{,}2375$	$\gamma = 1{,}8$	$(K - B) = 0{,}2333$
Estações	Altitude (m)	$(g - g_0)$	Correcção Combinada $(K-B)h$	Anomalia de Bouguer $(g - g_0) + (K - B)h$	Correcção Combinada $(K-B)h$	Anomalia de Bouguer $(g - g_0) + (K - B)h$	Correcção Combinada $(K-B)h$	Anomalia de Bouguer $(g - g_0) + (K - B)h$
13	5	14,26	1,21	15,47	1,19	15,45	1,17	15,43
14	8	15,35	1,93	17,28	1,90	17,25	1,87	17,22
15	11	15,95	2,66	18,61	2,61	18,56	2,57	18,52
16	16	15,79	3,87	19,65	3,80	19,59	3,73	19,52
17	27	14,25	6,52	20,77	6,41	20,66	6,30	20,55
18	33	13,87	7,97	21,84	7,84	21,71	7,70	21,57
19	25	16,29	6,04	22,33	5,94	22,23	5,83	22,12
20	21	17,69	5,07	22,76	4.99	22,68	4,90	22,59
21	17	19,14	4,11	23,25	4,04	23,18	3,97	23,11
			$\gamma = 1{,}9$	$(K - B) = 0{,}2291$	$\gamma = 2{,}0$	$(K - B) = 0{,}2249$	$\gamma = 2{,}1$	$(K - B) = 0{,}2207$
13	5	14,26	1,15	15,41	1,13	15,39	1,10	15,36
14	8	15,35	1,83	17,18	1,80	17,15	1,77	17,12
15	11	15,95	2,52	18,47	2,47	18,42	2,43	18,38
16	16	15,79	3,67	19,46	3,60	19.39	3,53	19,32
17	27	14,25	6,19	20,44	6,07	20,32	5.96	20,21
18	33	13,87	7,56	21,43	7,42	21,29	7,28	21,15
19	25	16,29	5,73	22,02	5,62	21,91	5,52	21,81
20	21	17,69	4,81	22,50	4,72	22,41	4,64	22,33
21	17	19,14	3,90	23,04	3,82	22,96	3,75	22,89
			$\gamma = 2{,}2$	$(K - B) = 0{,}2165$	$\gamma = 2{,}3$	$(K - B) = 0{,}2123$	$\gamma = 2{,}4$	$(K - B) = 0{,}2082$
13	5	14,26	1,08	15,34	1,06	15,32	1,04	15,30
14	8	15,35	1,73	17,08	1,70	17,05	1,67	17,02
15	11	15.95	2,38	18,33	2,34	18,29	2,29	18,24
16	16	15,79	3,46	19,25	3,40	19,19	3,33	19,12
17	27	14,25	5,85	20,10	5,73	19,98	5,62	19,87
18	33	13,87	7,15	21,02	7,01	20,88	,87	20,74
19	25	16,29	5,41	21,70	5,31	21,60	5,21	21,50
20	21	17,69	4,55	22,24	4,46	22,15	4,37	22,06
21	17	19,14	3,68	22,82	3,61	22,75	5,54	22,68
			$\gamma = 2{,}5$	$(K - B) = 0{,}2040$	$\gamma = 2{,}6$	$(K - B) = 0{,}1998$	$\gamma = 2{,}7$	$(K - B) = 0{,}1956$
13	5	14,26	1,02	15,28	1,00	15,26	0,98	15,24
14	8	15,35	1,63	16,98	1, 9	16,94	1,57	16,92
15	11	15,95	2,24	18,19	2,19	18,14	2,15	18,10
16	16	15,79	3,26	19,05	3,18	18,97	3,13	18,92
17	27	14,25	5,51	19,76	5,37	19,62	5,28	19,53
18	33	13,07	6,73	20,60	6,56	20,43	6,46	20,33
19	25	16,29	5,10	21,39	4,97	21,26	4,89	21,18
20	21	17,69	4,28	21,97	4,18	21,82	4,11	21,80
21	17	19,14	3,47	22,61	3,38	22,52	3,33	22,47

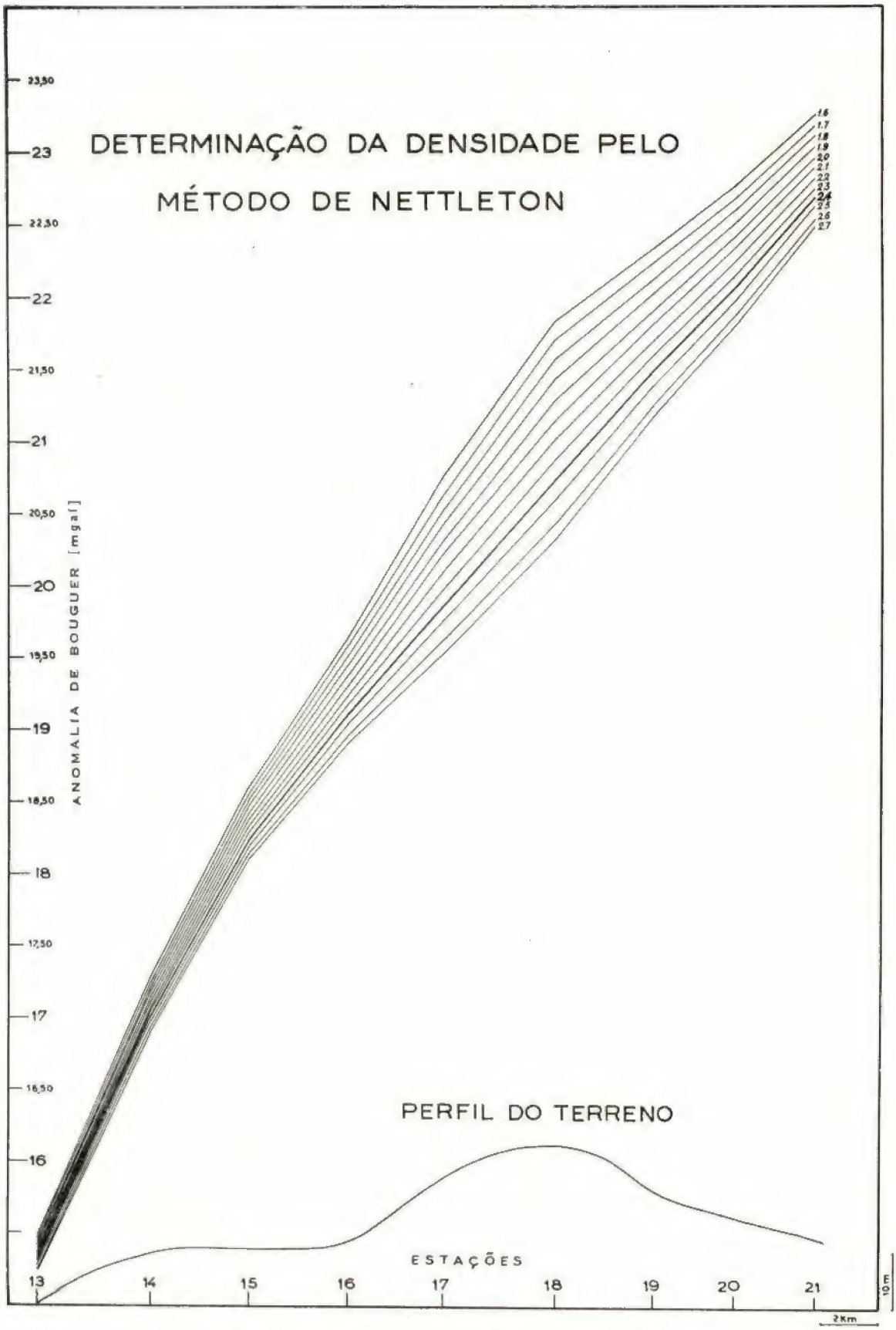


Fig. 11 — Determinação da Densidade mais Conveniente

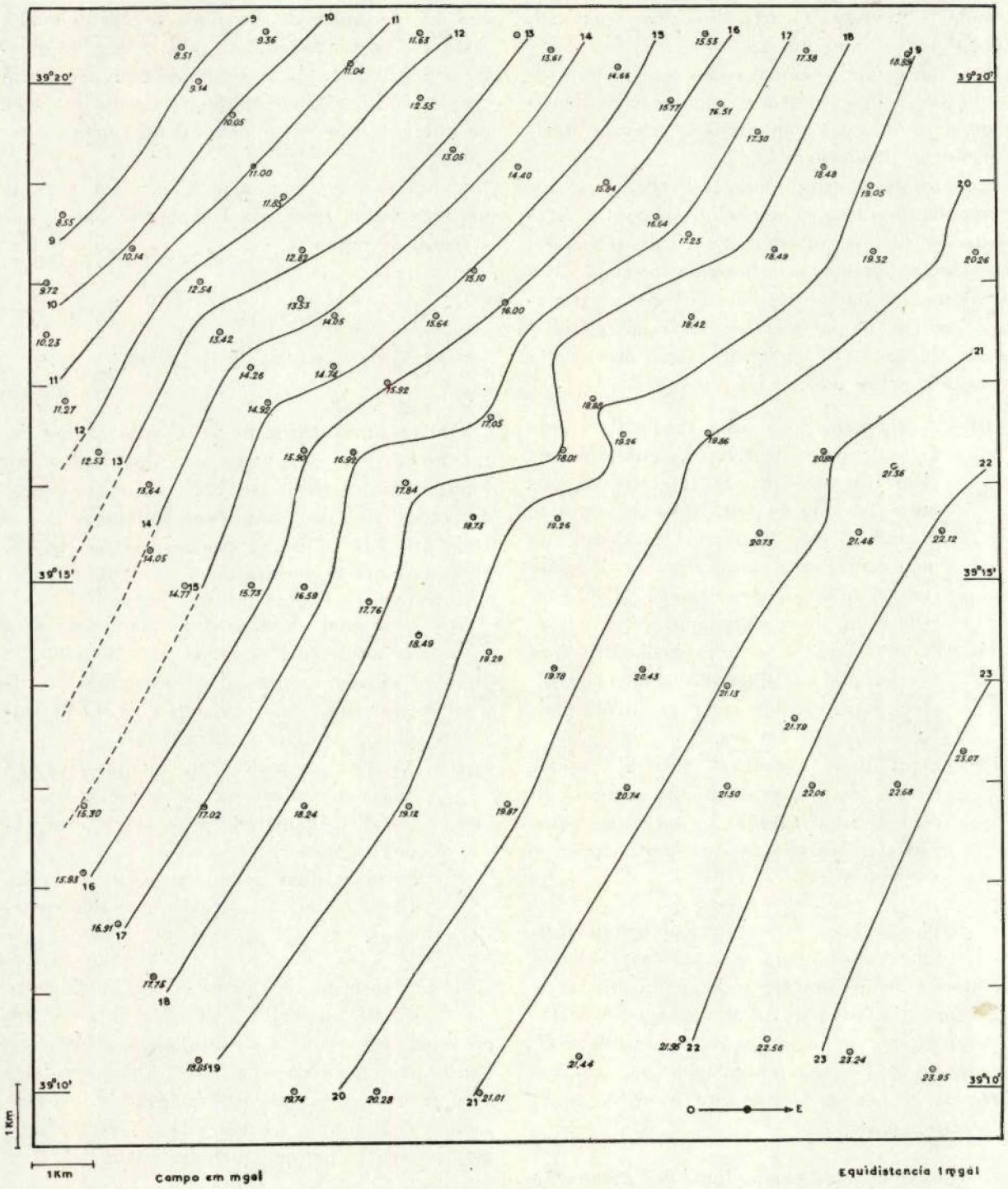


Fig. 12 — Carta das Anomalias de Bouguer

máximo do campo regional. Assim fazendo, isto é, suprimindo aos contornos originais os troços de curvatura acentuada e dando aos contornos do campo regional um raio de curvatura muito grande, obteve-se a carta do campo regional, que se pode ver na fig. 13.

Por um campo regional como este poderá ser responsável uma extensa configuração de densidade superior a 2,4 com pequeno relevo e ligeiramente inclinada para ONO.

Construído o campo regional, obteve-se, por interpolação gráfica, o seu valor nos pontos estacionados, que se subtrauíu, em cada um deles, ao valor da anomalia de Bouguer original, para se alcançar o campo residual que está cartografado na Fig. 14 por meio de contornos equidistantes de 25×10^{-2} magl. O exame desta carta permite concluir que:

(i) — A anomalia local está confinada a uma área de cerca de 9.000 ha que podemos classificar de área de interesse económico (na Fig 14 esta área encontra-se delimitada por contorno tracejado), na qual ocorre uma *anomalia positiva* alongada com eixo maior de direcção ONO-ESE e de 8 km de comprimento.

(ii) — Paralelamente a esta anomalia principal e separada por anomalia negativa existe uma outra, menos extensa, situada para NE a cerca de 3,5 km.

(iii) — Estas duas anomalias podem traduzir formas de relevo acentuado (dobras) da configuração regional, ou intrusões alongadas de rochas de densidade superior a 2,4.

Pode pois dizer-se que a carta do campo residual obtida é muito clara, e à sua custa se pode fàcilmente definir um plano de sondagens ou de trabalhos mineiros para se atingirem ocorrências geológicas que se encontravam totalmente mascaradas. A área onde tais sondagens ou trabalhos serão de aconselhar, representa *menos de 15 % da área prospectada.*

3 — Construção do campo local por atenuação com grade

Esta atenuação foi feita utilizando a grade da Fig. 5 do Capítulo I que, como referimos, se construiu admitindo que a anomalia de Bouguer é interpolável por polimónio do segundo ou terceiro graus.

Houve, para tanto, que calcular, por interpolação gráfica, os valores da anomalia de Bouguer nos nós de uma rede. Escolheu-se rede de malha quadrada com lado igual a 1 Km. A Fig. 15 mostra a distribuição da anomalia de Bouguer, assim obtida. Nela, está delimitada a tracejado a área de interesse económico, definida no número anterior.

Como também vimos no Capítulo I, a grade usada trabalha associada à expressão (48-I), que a seguir se repete:

$$-4\,a^2 = \frac{100}{28\,r^2}\,[16\,g\,(0) +$$

$$+\,2\,g'\,(r - 3\,g'\,(r\sqrt{5})]\;10^{-15}\ \text{U. C. G. S.}$$

onde $r = 1$ Km.

Obtiveram-se assim os valores do campo derivado em 99 pontos, à custa dos quais e por interpolação gráfica, se cartografou o campo derivado, usando contornos equidistantes de 15×10^{-15} U. C. G. S., como se vê na Fig. 16.

Nesta corta se verifica que:

(i) — A anomalia local se confina à mesma área de interesse económico atrás definida.

(ii) — Ocorrem também duas anomalias positivas, uma mais extensa e de maior amplitude do que a outra.

(iii) — As zonas de maior anomalia positiva são quase coincidentes com as que se encontraram pelo método desenvolvido no número anterior.

(iv) — Entre as duas anomalias positivas existe também uma «fossa» de anomalias negativas.

Há portanto uma excelente concordância entre esta carta de anomalia residual obtida por um processo de atenuação analítico, e a anterior, obtida por um processo gráfico. Qualquer delas *daria indicações análogas às sondagens ou trabalhos mineiros,* embora o método da grade indique maior extensão em qualquer das anomalias.

4 — Construção dos campos regional e local por interpolação com polinómios

Como ilustração do que apresentámos no Capítulo I procurámos, para o mesmo caso já tra-

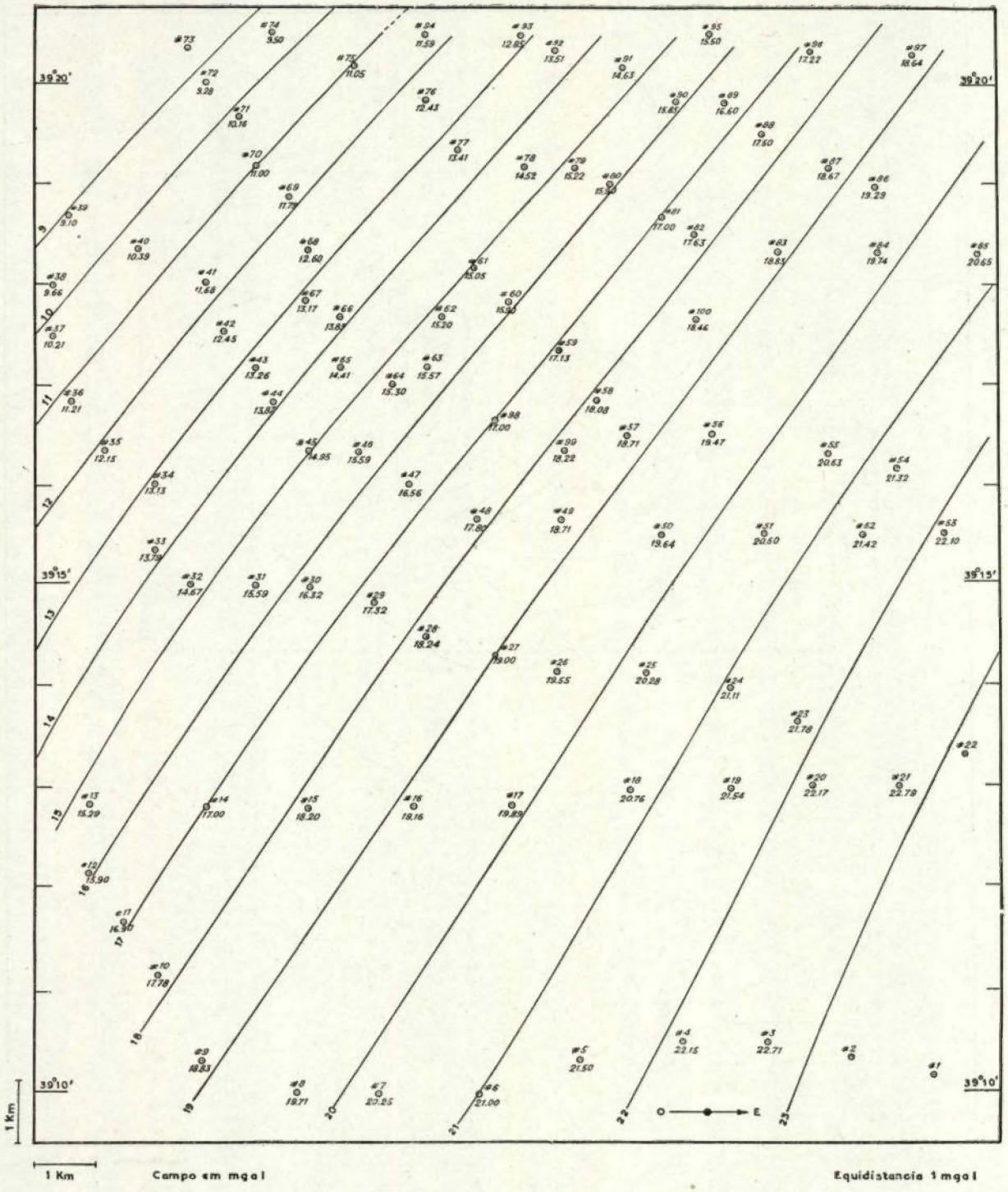


Fig. 13 — Carta do Campo Regional obtida pelo Método de Atenuação dos Contornos

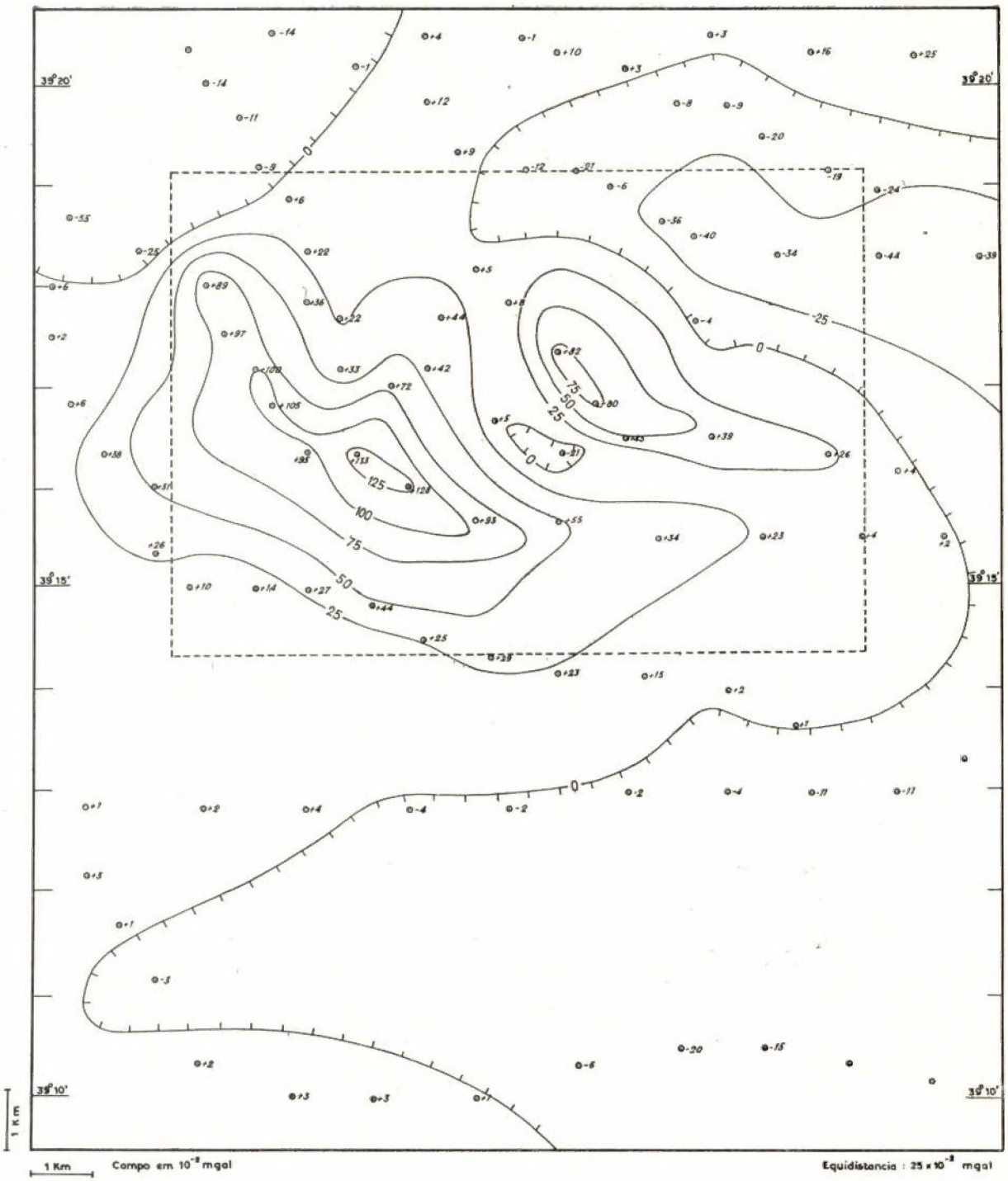


Fig. 14 — Carta do Campo Residual obtida pelo Método de Atenuação dos Contornos